



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG SUISSE
UNIVERSITÄT FREIBURG SCHWEIZ

A Mazing Game

Entwicklung eines neuartigen Computerspiels zur
Ermittlung und Förderung der räumlich-
kognitiven Fähigkeit zur mentalen
Perspektivenrotation.

Bachelor-Arbeit

am Department für Psychologie

Universität Freiburg (CH)

Chaire de Psychologie générale et pédagogique

Betreuerin: Dr. Rosita Haddad Zubel

Verfasser: Peer Manske

Semester: VI

Eingereicht am 04.05.2009.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	- 3 -
2 Einleitung	- 4 -
2.1 Räumlich-kognitive Fähigkeiten	- 5 -
2.1.1 Mentale Rotation	- 6 -
2.1.2 Perspektivenübernahme	- 8 -
2.1.3 Mentale Perspektivenrotation (MPR)	- 10 -
2.2 Erhebung räumlich-kognitiver Fähigkeiten	- 12 -
2.3 Das Potenzial der Computerspiele	- 14 -
2.3.1 Computerspiele und ihre Effekte	- 15 -
2.4 Entwicklung geeigneterer Spiele	- 16 -
2.5 Hypothesen	- 18 -
3 Methode	- 18 -
3.1 Versuchspersonen	- 18 -
3.2 Versuchsmaterial	- 19 -
3.3 Versuchsplan	- 23 -
3.3.1 Unabhängige Variablen (UVn)	- 24 -
3.3.2 Abhängige Variablen (AVn)	- 25 -
3.4 Durchführung	- 25 -
3.4.1 Erwachsene	- 25 -
3.4.2 Kinder	- 27 -
4 Ergebnisse	- 28 -
4.1 Einschränkungen der Verwendbarkeit von Daten	- 28 -
4.2 Beschreibung der AVn	- 28 -
4.3 Deskriptive Ergebnisse	- 30 -

4.4 Inferenzstatistische Ergebnisse	- 38 -
5 Diskussion und Ausblick	- 44 -
6 Danksagungen	- 49 -
7 Literaturverzeichnis	- 50 -

1 Zusammenfassung

Die Fähigkeit des räumlichen Denkens ist ein essenzieller Teil der menschlichen Intelligenz und bereits gut erforscht. Es zeigt sich dabei aber, dass der dynamische Aspekt, der Bewegung im Raum beinhaltet, bisher vernachlässigt wurde. In dieser Arbeit wird das neue selbst entwickelte Computerspiel *A Mazing Game* vorgestellt. Es misst die Fähigkeit der *mentalen Perspektivenrotation*, ein Konzept innerhalb des räumlichen Denkens, das die bereits bestehenden Bereiche der mentalen Rotation und der Perspektivenübernahme neu durchdacht mit dem dynamischen Aspekt kombiniert. Die *mentale Perspektivenrotation* wird in dieser Arbeit theoretisch von den anderen Konzepten abgegrenzt. Ausserdem wird *A Mazing Game* vorgestellt und die Idee dahinter als Messinstrument für die Forschung und Praxis erklärt. Die wissenschaftliche Erprobung des Spiels bildet letztlich den Schwerpunkt der Arbeit. Bei den Resultaten zeigt sich bei Kindern ein hoher Zusammenhang der Ergebnisse des Spiels mit denen eines räumlichen Intelligenztests und ausserdem ein starker interner Trainingseffekt bei hoher Retestrelabilität. *A Mazing Game* präsentiert sich damit als neues wirkungsvolles Mess- und Trainingsinstrument für räumlich-kognitive Fähigkeiten besonders für Kinder.

2 Einleitung

Seit es Computer gibt, wird stetig ihre Leistung gesteigert und ihr Potenzial zur Vereinfachung und Unterstützung von Arbeitsprozessen für den Menschen erweitert. Für die psychologische Forschung ist dieser Umstand u.a. interessant, wenn spezifische Computerprogramme zum interaktiven Training mentaler Fähigkeiten, zur Präsentation experimenteller Szenarien oder zum Messen psychologisch relevanter Prozesse eingesetzt werden können. Durch die steigende Leistungsfähigkeit der Computer ergibt sich zudem eine Vielzahl von möglichen Anwendungen auch im Freizeitbereich; einer der beliebtesten und meistgenutzten sind hierbei Computerspiele (Wolling, 2008), weil sie interaktiv funktionieren und Spass bringen (Wünsch & Jenderek, 2008). Sie unterscheiden sich meist inhaltlich, nicht aber bezüglich der technischen und theoretischen Möglichkeiten von anderen Computerprogrammen. Die einfache Idee, ausgehend von Haddad, Pinkas und Pécaut (2005), ist folgende: Kombiniert man den Spass am Computerspielen mit den forschungsrelevanten Möglichkeiten der Computertechnologie in einem Spiel, erhält man ein Instrument, das Szenario, Messung und kognitives Training für den Spieler zugleich bieten kann. Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung und Testung eines solchen interaktiven Computerspiels namens *A Mazing Game* (Manske & Haddad-Zubel, 2009), das sowohl zur Ermittlung als auch zur Förderung *räumlich-kognitiver Fähigkeiten* (RKF) entwickelt wurde. Die speziell angesprochene Fähigkeit ist dabei die *mentale Perspektivenrotation* (MPR), ein bisher nicht spezifisch erforschter Aspekt räumlichen Denkens, der in dieser Arbeit vorgestellt wird. Die MPR kombiniert und ergänzt das Konzept der *mentalen Rotation* (MR) und der *Perspektivenübernahme* (Perspective-Taking, PT).

Es werden zunächst die Konzepte der räumlich-kognitiven Fähigkeiten allgemeinen, der mentalen Rotation und der Perspektivenübernahme im Speziellen vorgestellt. Später folgt eine theoretische Abhandlung der mentalen Perspektivenrotation als Ergänzung dieser Konzepte. Nachfolgend wird beleuchtet, wie RKF normalerweise erhoben werden. Die Bedeutung von Computerspielen allgemein und in der Wissenschaft wird anschliessend thematisiert. Danach werden die Qualitäten einzelner Spiele für die Wissenschaft diskutiert

und es wird erläutert, welche Neuerungen *A Mazing Game* bietet. Am Ende steht die Erprobung und Testung des Spiels.

2.1 Räumlich-kognitive Fähigkeiten

Räumlich-kognitive Fähigkeiten (RKF) sind ein wesentlicher Bestandteil der Intelligenz (z.B. Linn & Petersen, 1985) und helfen Menschen bei der Orientierung und Navigation bzw. machen sie überhaupt erst möglich (Montello, 2005). Sie sind zum Beispiel beim Verrücken von Möbeln, Packen einer Tasche oder dem Fangen eines Balles wichtig (Hegarty & Waller, 2005). Es handelt sich bei RKF laut Bertoline (1998) um mentale Prozesse, mit denen räumliche Bilder wahrgenommen, gespeichert, abgerufen, erzeugt, bearbeitet und kommuniziert werden. Just und Carpenter (1985) verstehen sie als die Fähigkeiten, die angewendet werden, „[...] wenn eine mentale Repräsentation einer zwei- oder dreidimensionalen Struktur generiert und deren Eigenschaften erfasst oder eine Transformation dieser Repräsentation durchgeführt wird.“ (zitiert nach Wiedenbauer, 2006, S. 10). Gemäss der Metaanalyse von Linn und Petersen (1985) gliedern sich die RKF in drei zentrale Kompetenzen: *Räumliche Perzeption*, *mentale Rotation* und *räumliche Visualisierung*. Die Autoren beschreiben diese recht ausführlich, liefern aber keine prägnanten Definitionen. Eine knappe Erklärung der *räumlichen Perzeption* stammt von Okagaki und Frensch (1994), die sie als die Wahrnehmung der Orientierung eines Objekts in Abhängigkeit der eigenen Orientierung beschreiben. *Mentale Rotation* wird dagegen bei De Lisi und Cammarano (1996) bündig als die Fähigkeit erklärt, sich vorzustellen, wie ein Objekt (oder eine Anordnung) erscheint, wenn es gedreht wird. Zur Erläuterung der räumlichen Visualisierung werden meist Linn und Petersen (1985) zitiert (z.B. Okagaki und Frensch, 1994), weshalb auch hier ihre Definition übernommen wird. Die Autoren selbst bezeichnen die räumliche Visualisierung als die Fähigkeit, komplexe räumliche Probleme zu lösen, die mehrere Schritte visueller kognitiver Transformation erfordern (z.B. beim Drehen und Kippen von Würfelfiguren im I-S-T 2000 R; Liepmann, Beauducel, Brocke & Amthauer, 2007). Prozesse der räumlichen Perzeption und der mentalen Rotation können entsprechend der Auffassung

der Autoren bei der räumlichen Visualisierung involviert sein. Sie stellt damit die komplexeste der Fähigkeiten dar.

Diese allgemein akzeptierten und oft zitierten Erläuterungen der RKF sind theoretisch jedoch unvollständig und nicht präzise genug. Besonders bezüglich der mentalen Rotation ist es nötig, die bestehende Definition zu erweitern. Nachfolgend wird die Fähigkeit der mentalen Rotation genauer erläutert und ihre Lücken beleuchtet. Dabei wird die Perspektivenübernahme ergänzend an die MR herangeführt und das neue Konzept der mentalen Perspektivenrotation als Erweiterung vorgestellt.

2.1.1 Mentale Rotation

Für diese Arbeit ist die mentale Rotation (MR) von besonderem Interesse. Sie ermöglicht eine Vorstellung der Erscheinung eines Objekts oder einer Anordnung aus einem anderen Blickwinkel. Um diese Fähigkeit zu testen werden Personen klassischerweise Bilder von Zahlen, Buchstaben oder anderen Gebilden präsentiert, die nicht wie gewohnt ausgerichtet, sondern verdreht sind. Dabei wird die Reaktionszeit gemessen, die jede Person benötigt, um den jeweiligen Stimulus mental zu drehen. Kinder schneiden in solchen Aufgaben prinzipiell schlechter ab als Erwachsene (Kail, Pellegrino & Carter, 1980). Ein anderer wichtiger Befund besagt, dass die Reaktionszeit stetig mit zunehmendem Grad der Verdrehung bis 180° steigt (Shepard & Metzler, 1971; zitiert nach Wiedenbauer, 2006). Je nach Stimulusmaterial unterscheiden sich die Ergebnisse jedoch bezüglich der Reaktionszeiten (Wiedenbauer, 2006). Um sich zu vergegenwärtigen, welche kognitive Leistung mentale Rotation erfordert, ist die Computermaus ein gutes Beispiel; die Maus wird horizontal auf dem Tisch bewegt, wogegen die ausgeführte Bewegung auf dem Bildschirm vertikal dargestellt wird. Die Bedienung ist so in der Regel kein Problem. Dreht man die Maus aber horizontal um 90 Grad, fällt die Steuerung erheblich schwerer (Wickens, Vincow & Yeh, 2005). Diese Fähigkeit ist jedoch nicht nur als Spiel für den Büroalltag relevant, sondern auch für spezielle Fachgebiete, wie Architektur, unerlässlich (Anuar & Ismail, 2004) und für die Wissenschaft zur Untersuchung alltäglicher Probleme wichtig, z.B. bezüglich Orientierung und

Navigation. Speziell bei falsch ausgerichteten Übersichtskarten (Montello, 2005), sogenannten „You-Are-Here Maps“ (*YAH-Maps*, Levine, 1982), müssen Menschen mental rotieren können. *YAH-Maps* dienen der Orientierung - meist in Gebäuden - und weisen den Weg zu Notausgängen etc. Oft sind diese falsch, also mit der Blickrichtung inkongruent, angebracht und sorgen dadurch für Verwirrung und falsche Orientierung. Levine (1982) und Levine, Marchon und Hanley (1984) konnten zeigen, dass sich Versuchspersonen besser zurechtfinden, wenn die Ansicht einer Übersichtskarte der Umgebung mit der aktuellen Blickrichtung der Person übereinstimmt, als wenn die Karte verdreht war und damit eine mentale Rotation erforderte. Dieses Phänomen nannten May, Péruch und Savoyant (1995) *Alignment Effect*. Dieser besagt, dass die Leistung bei der Bearbeitung von Orientierungs- und Navigationsaufgaben mit zunehmenden Grad der horizontalen Drehung der Karte bis 180°, also wachsender Abweichung zwischen Karte und Umwelt, abnimmt, Personen also mehr Fehler machen. Die Ausnahme bildet dabei jedoch die Drehung um 180°. Laut Wickens et al. (2005) können Personen dabei leicht eine „links ist rechts und rechts ist links“ Strategie entwickeln, wodurch sich die Leistung verbessert. Diese Erkenntnisse decken sich auch mit einer Arbeit von Warren, Rossano und Wear (1990). Aretz und Wickens (1992) unterstreichen jedoch, dass Aufgaben, welche die mentale Drehung eines Objektes erfordern, das sowohl vertikal als auch horizontal gekippt oder gedreht ist, sogar zwei mentale Rotationen und nicht eine einzige Transformation verlangt, daher auch noch fehleranfälliger sein können als Aufgaben ohne zusätzliche Kippung. Die Frage, ob es sich dabei nicht bereits um räumliche Visualisierung, also die dritte und komplexeste der räumlichen Aufgaben handelt und nicht mehr um reine mentale Rotation, sei wegen der etwas undifferenzierten Definition dahingestellt. Die Studien verdeutlichen, wie unterschiedlich die gleiche Fähigkeit in Abhängigkeit der Orientierung des Gegenstandes und dem eigenen Blickwinkel im gegebenen Bezugsraum sein kann. Zudem zeigen sie, wie wichtig und komplex MR auch im Alltag ist.

Die Beschreibung und Anwendung der mentalen Rotation wird allgemein akzeptiert. Dabei beschränkt sich das Konstrukt der MR auf die Drehung von Objekten im Geiste und vernachlässigt die Möglichkeit, statt des Objekts die Perspektive zu verändern. Diese Möglichkeit beinhaltet das Konzept der Perspektivenübernahme.

2.1.2 Perspektivenübernahme

Die Perspektivenübernahme (Perspective-Taking, PT) ist ein weiteres psychologisches Konstrukt im Bereich der räumlich-kognitiven Fähigkeiten, das jedoch in der Einteilung von Linn und Petersen (1985) nicht auftaucht. Im psychologischen Wörterbuch Dorsch wird sie von Wilkening (2004, in Bezug auf Bischof-Köhler, 1989 und Piaget, 1972), so definiert:

Fähigkeit, den Standpunkt einer anderen Person, der sich vom eigenen unterscheiden kann, bewusst einzunehmen, ohne den eigenen zu verlieren. Kognitive Voraussetzungen für die [Perspektivenübernahme (hier P.)] ist die Fähigkeit zur Dezentrierung. Die Fähigkeit zur P. bei Wahrnehmungsinhalten, wie sie im „Drei-Berge-Versuch“ von Piaget gemessen wird, entwickelt sich in der Regel im sechsten Lebensjahr; weniger komplexe Formen der P. – auch bezüglich Meinungen, Emotionen und Bedürfnissen – können aber schon bei 3- bis 4-jährigen Kindern beobachtet werden. Mit dem Auftreten der P. verschwindet der Egozentrismus des Kindes. (S. 702)

Eine andere, zum Teil ergänzende, Definition von Silbereisen und Ahnert im entwicklungspsychologischen Standardwerk von Oerter und Montada (2002) erklärt die PT so: „Man spricht von Perspektivenübernahme, wenn es darum geht, psychische Zustände und Prozesse wie etwa das Denken, Fühlen oder Wollen einer anderen Person zu verstehen, indem die Situationsgebundenheit des Handelns (bildlich also: ihre Perspektive) erkannt und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen werden“ (S. 597).

Dass die PT als Teilkompetenz in der erwähnten Einteilung der RKF fehlt, hat vermutlich den Grund, dass sie nicht auf den räumlichen Bereich beschränkt ist. Die Perspektive, die übernommen wird, muss, wie in der Definition erwähnt, nicht zwingend eine räumliche sein. Die PT setzt eine andere Person voraus, deren Perspektive übernommen wird¹, was die Zuordnung zu den individuellen räumlichen Fähigkeiten erschwert, weil eine eigene

¹ Es ist auch möglich, sich in eine Puppe, also ein Modell, hineinzusetzen (Bryant & Tversky, 1999). Entscheidend ist jedoch einzig die Übernahme einer fremden Perspektive.

Transformation des Raumes primär nicht gefordert ist. Ein anderer Grund dafür, dass die PT nicht auftaucht, könnte die Annahme sein, die PT sei ein Bestandteil oder gar gleich der MR und durch sie ausreichend repräsentiert. Jedoch erklärt beispielsweise Rigal (1996) die MR sogar entgegengesetzt als Teilprozess bei der Perspektivenübernahme und auch Newcombe und Learmonth (2005) nehmen in ihrem Kapitel „Development of Spatial Competence“ im *Cambridge Book of Visuospatial Thinking* eine Unterscheidung beider Prozesse vor. Sie beziehen sich auf Huttenlocher und Presson (1973) und nennen als Hauptunterschied zwischen PT und MR die Art, wie genau sich eine Person wörtlich an die Instruktion der jeweiligen Aufgabe hält; ob man sich nun vorstellt, man bewege sich um ein Objekt in der Mitte herum (PT), oder man drehe das Objekt selber in Gedanken (MR). Bei der Perspektivenübernahme führe die vorgestellte Bewegung zu einem Konflikt zwischen dem aktuellen und dem vorgestellten Bezugsrahmen, bei der mentalen Rotation sei dies nicht der Fall. Es fällt auf, dass sich diese Art des Vergleichs lediglich auf die Anforderungen der mentalen Rotation bezieht, wie gut sich jemand die Erscheinung des Objekts vorstellen kann. Ob man sich nun vorstellt, darum herum zu laufen oder das Objekt selber zu drehen, die Antwortmöglichkeit ist die gleiche und der Prozess dabei wird primär nicht unterschieden. Lediglich durch nachträgliche Befragungen der Versuchspersonen kann dabei erfasst werden, welche Strategie eher angewendet wurde. Ergebnisse von Kozhevnikov und Hegarty (2001) deuten darauf hin, dass die Übernahme einer anderen Perspektive dem mentalen Drehen des Objektes gegenüber dominant ist. Die Herangehensweise, lediglich die visuelle Repräsentation der Objekte zu erheben, vernachlässigt die in der Definition von Silbereisen und Ahnert (2002) gegebene Möglichkeit, bei der Perspektivenübernahme „psychische Zustände und Prozesse wie etwa das Denken, Fühlen oder Wollen“ (S. 702) aus einer anderen Perspektive zu berücksichtigen. Dazu bedarf es einer anderen Person. Diese wiederum ist nicht direkter Bestandteil des eigenen Denkens. Es ist demnach schwer, die ganze Bandbreite der Kompetenz zur Perspektivenübernahme auf den räumlichen Bereich zu übertragen. Versucht man, die Konzepte der Perspektivenübernahme und der mentalen Rotation zu verknüpfen, muss man die Möglichkeit berücksichtigen, im Raum zu *interagieren*, z.B. das Objekt in der Mitte selbst zu steuern. In diesem Fall wäre es möglich, selbst die Perspektive zu wechseln und gleichzeitig „Zustände und Prozesse wie etwa das Denken“ (Silbereisen & Ahnert, S. 702), hier die Steuerung, aus einer anderen *eigenen* Sicht

beizubehalten oder eine neue *eigene* Sicht einzunehmen. Eine solche Interaktion wurde als dynamischer Aspekt, der laut Hegarty und Waller (2005) Bewegung im Raum beinhaltet - bisher vielleicht aus Gründen der Operationalisierung - innerhalb der räumlich-kognitiven Fähigkeiten nicht berücksichtigt, stellt aber eindeutig eine Fertigkeit dar, die räumliche Denkprozesse betrifft.

Bei genauer Betrachtung ist die Einteilung der räumlich-kognitiven Fähigkeiten unvollständig und die Verbindung der beiden Konzepte, das der MR und das der PT, durch ihre verschiedenen Anwendungsbereiche ungenügend. So bezieht sich die Definition der MR auf die Vorstellung der Drehung von Objekten und Anordnungen und deren spätere visuelle Erscheinung. Die der PT fokussiert dagegen auf die Perspektive einer anderen Person, ist aber nicht auf die visuelle Vorstellung beschränkt. Zudem gibt es die Möglichkeit eines räumlichen Umdenkens, der Interaktion im Raum, das durch keines der beiden Konstrukte zureichend erklärt werden kann. Es wird anschliessend unter dem Konzept der *mentalen Perspektivenrotation* näher erläutert werden. Die mentale Perspektivenrotation soll eine Verknüpfung der MR und der PT schaffen und eine neue Perspektive in die räumlich-kognitiven Fähigkeiten bringen.

2.1.3 Mentale Perspektivenrotation (MPR)

Wie bereits erwähnt, beschreibt die MR die Vorstellung der Drehung eines Objektes und dessen Aussehen danach. Sie kann sich aber auch auf eine Anordnung, wie z.B. im *Drei-Berge-Versuch* von Piaget und Inhelder (1948), beziehen. In diesem Fall würde sich eine Person vorstellen, das Modell der Berge drehe sich so, dass die gewünschte Perspektive erscheine. Im Gegensatz dazu beschreibt die PT, die stets mit diesem Versuch assoziiert wird (z.B. Newcombe & Learmonth, 2005), die Einnahme der Position einer anderen Person, die aus einem anderen Blickwinkel auf die Anordnung schaut. Im Gegensatz zur MR ist die PT jedoch nicht nur auf die visuelle Erscheinung von Objekten oder Anordnungen beschränkt. Durch die *Dezentrierung*, die als Voraussetzung für die PT gilt, können gemäss der Definition im Dorsch „mehrere Aspekte eines Sachverhalts gleichzeitig im Denken“ (Häcker & Stapf,

2004, S. 198) berücksichtigt werden. Auf der anderen Seite wird die PT jedoch, wie erwähnt, durch die Tatsache beschränkt, dass eine andere Person nötig ist, um deren Sicht und Denken zu verstehen. Stellt man sich nun vor, man selbst stünde an einer anderen Stelle und betrachte und beeinflusse verschiedene Aspekte eines Sachverhalts von einem anderen Punkt, ohne dabei zwangsläufig den visuellen Blickwinkel zu wechseln, stossen sowohl die PT als auch die MR, wie bereits beschrieben, an ihre Grenzen. Ferner findet sich keine Erklärung in anderen Aspekten der räumlich-kognitiven Fähigkeiten. Dort besteht ein definitorischer Mangel. Zur Veranschaulichung der Problematik stelle man sich vor, ein Spielzeugauto fernzusteuern. Man selbst bleibt an einem Punkt stehen, während man das Auto durch einen Parcours lenkt. In diesem Fall ist eine mentale Repräsentation der Steuerung im Auto in Bezug auf seine Orientierung im Parcours erforderlich, da ein Auto vorwärts und rückwärts fahren kann, nicht aber seitwärts. Es kann sich allenfalls in eine neue Richtung drehen. Nach jeder Richtungsänderung ändert sich somit aber auch seine Ausrichtung. Wie das Auto nach einer geplanten Richtungsänderung erscheinen wird, vermag die mentale Rotation zu erklären. Die Steuerung wäre in diesem Beispiel so denkbar, dass man sich in einen vorgestellten Fahrer im Spielzeug selbst hineinversetzt (PT, vgl. Tversky, 2005; Bryant & Tversky, 1999). Doch was passiert, wenn das Objekt sich nicht selbst bewegt, sondern bewegt wird? Die Steuerung wäre dann ausserhalb und eine Perspektivenübernahme wie oben beschrieben nicht möglich. Das Beispiel mit dem Auto stösst dort an seine Grenzen. Stelle man sich also vor, man müsse eine Murmel, die zu allen Seiten rollen kann, durch einen beweglichen Irrgarten ins Ziel lenken, indem man diesen nach vorne, hinten, rechts oder links kippt. Solche Spiele kennt wahrscheinlich jeder aus seiner Kindheit. In dieser Situation wäre die Steuerung losgelöst vom Objekt. Dreht man nun den ganzen Aufbau z.B. um 180 Grad oder stellt man sich auf die gegenüberliegende Seite, verändert sich zum einen die visuelle Perspektive, zum anderen kehrt sich die Steuerung um: Was zuvor vorne war, wäre nun hinten usw. Integriert man nun die Idee der RKF, ist es möglich, sich vorzustellen, man hätte den Irrgarten mental gedreht oder man selbst stünde auf der anderen Seite. Bezieht man aber die Steuerung mit ein, welche nun auch verdreht ist, versagt die Definition der MR, die nur die visuelle Erscheinung, aber keine Interaktion berücksichtigt. Auch die anderen von Linn und Petersen (1985) genannten Fähigkeiten sind zur Erklärung unzureichend. Bei der PT ist der interaktive Aspekt durch die Dezentrierung

zwar berücksichtigt, jedoch fehlt eine andere Person oder jegliches Modell, mit dem man sich identifizieren könnte. Man übernimmt also keine fremde Perspektive, sondern dreht die eigene. Dabei behält man gleichzeitig das ursprüngliche Denken bezüglich des dynamischen Aspekts der Steuerung - der Interaktion – im Kopf. Die mentale Perspektivenrotation vermag das zu leisten.

Es ist demnach angebracht, die MR und die PT zu ergänzen. Weil sich die erörterte erweiterte Sichtweise nicht grundlegend von den bestehenden Konzepten unterscheidet und eher eine Kombination als eine Reformation darstellt, erscheint mir der Begriff *mentale Perspektivenrotation* sinnvoll. MPR ist somit die Fähigkeit, mehrere verschiedene Aspekte des eigenen Denkens in einer Situation aus unterschiedlichen räumlichen Perspektiven gleichzeitig interaktiv miteinander zu koordinieren.

Jede neue Theorie wirft natürlich die Frage nach der Messbarkeit auf. Im Folgenden wird gezeigt, wie RKF in Forschung und Praxis gemessen werden und dass Computer, speziell Computerspiele, durch die Möglichkeit, interaktive dynamische Aspekte zu berücksichtigen, eine geeignete Wahl für die Messung der MPR sind.

2.2 Erhebung räumlich-kognitiver Fähigkeiten

Das Gebiet der räumlich-kognitiven Fähigkeiten ist viel und gut erforscht. Besonders der mentalen Rotation widmen sich zahlreiche Studien (Wiedenbauer, 2006). Wie gut eine Person räumlich denken kann, wird laut Hegarty und Waller (2005) bislang in den meisten Untersuchungen mit Papier und Bleistift erhoben (z.B. Intelligenztests). Die Art der Erhebung stagniert in diesem Stadium ein wenig. Die Autoren kritisieren die alleinige Verwendung solcher Verfahren, weil sie räumliche Probleme zweidimensional darstellen und so mit realen Situationen, die räumlich-kognitive Fähigkeiten erfordern, nur schwer vergleichbar sind. Räumliche Fähigkeiten, wie z.B. Navigation in einem realen Umgebungsraum (*environmental* bzw. *large-scale spatial abilities*), lassen sich mit Aufgaben auf dem Papier nicht akkurat simulieren. Auch dynamische räumlich-kognitive Fähigkeiten, die Bewegung im Raum beinhalten, können mit Tests auf dem Papier, weil diese statisch sind,

nicht akkurat gemessen werden (z.B. Hunt, Pellegrino, Frick, Farr & Alderton, 1988, zitiert nach Hegarty und Waller). Sie eignen sich daher auch nicht für die Messung der mentalen Perspektivenrotation. Der Vorteil solcher Tests ist dagegen ihre einfache und günstige Durchführung, auch mit vielen Versuchspersonen gleichzeitig. Zudem liefern sie leicht messbare und vergleichbare Werte, die gross angelegte komplexe Studien meist nicht in dem Masse bieten können. Viele solcher Papier-und-Bleistift-Tests sind daher auch bereits an grossen Personengruppen normiert. Komplexe Situationen, wie sie für die MPR nötig wären, sind auf der anderen Seite in der Realität meist schwer herzustellen und aufwendig; dazu kommt das Problem einheitlicher Messung.

Um solchen Problemen entgegenzuwirken, haben sich Computer und computerbasierte Systeme als Untersuchungsmethode bewährt (Wiedenbauer, 2006). In Simulationen können Situationen realitätsnah dargestellt (z.B. Spiers & Maguire, 2008) und sogar Störeinflüsse gezielt regulieren bzw. für alle Personen gleich gehalten werden, was in der Realität - beispielsweise im Strassenverkehr - nicht möglich wäre. In computerbasierten Untersuchungen können damit Szenarien geschaffen werden, die normalerweise nicht so leicht oder gar nicht herstellbar wären und sie lassen sich dabei sicher und einfach am PC durchführen (Dalgarno, Hedberg & Harper, 2002). Die Resultate im virtuellen Raum sind dabei mit denen aus realen Situationen kongruent (Wiedenbauer; z.B. Jansen-Osmann & Berendt, 2005). Am Computer ist es ausserdem möglich, alle durchgeführten Aktionen aufzuzeichnen und auszuwerten. Der PC ist dabei viel präziser als ein menschlicher Beobachter, der z.B. Reaktionszeiten misst (z.B. *Hogrefe Testsystem*, Hänsgen, Zumbrunn & Frossard, 2007). Besonders dieser Punkt macht die computerbasierte Untersuchung als psychologisches Mittel attraktiv. Die Idee, dafür Computerspiele zu nutzen, beflügelt die wissenschaftliche Forschung seit Jahren vor allem im Bereich räumlich-kognitiver Fähigkeiten (Wiedenbauer, 2006).

2.3 Das Potenzial der Computerspiele

Ein erheblicher Teil des modernen Lebens spielt sich heute vor und mit dem Computer ab. Sei es bei der Arbeit im Büro, an der Universität oder in der Freizeit. Vor allem bei der Freizeitgestaltung ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der Nutzung: Neben dem Internet, der Kommunikation oder Multimediaanwendungen kann der Computer unter anderem auch zum Spielen genutzt werden. Gerade bei jungen Menschen ist das Spielen von Computer- bzw. Videospielen (im Folgenden werden beide Begriffe äquivalent gebraucht), eine der beliebtesten Tätigkeiten am PC. Laut neueren Studien ist Spielen bei Kindern in Deutschland sogar die häufigste Aktivität am PC; lediglich 27 Prozent der computernutzenden Kinder spielen keine Computerspiele (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2006, S. 37 f.), bei den Jugendlichen sind es 29 Prozent, die nie spielen (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2007, S. 34). Erwachsene spielen am wenigsten; im Jahr 2005 gaben nur 37 Prozent der Computernutzer an, den PC zum Spielen zu nutzen (Wolling, 2008, S. 89). Neueste Zahlen deuten darauf hin, dass schon bei Jugendlichen die Häufigkeit der Nutzung mit zunehmenden Alter abnimmt (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2008). Das liegt vermutlich an den wachsenden Möglichkeiten, die sich mit steigendem Alter in der Freizeit ergeben und den vielfältigen Aufgaben, die Gesellschaft und Entwicklung an sie stellen. Studien zur Nutzung von Computerspielen sind jedoch rar und Forschung wird weltweit noch wenig kontinuierlich betrieben (Klimmt, 2008). Es ist schwer, die einzelnen Studien untereinander direkt zu vergleichen, da sich die Altersgruppen teilweise überschneiden und die Zeiträume der Erhebungen nicht einheitlich sind. Jedoch zeigen Vergleichszahlen aus einer aktuellen Studie (van Eimeren & Frees, 2008) bezüglich der gelegentlichen Nutzung von Onlinespielen insgesamt sehr ähnliche Werte. Daher werden die hier zum Vergleich herangezogenen Angaben zur Schätzung der Verteilung als genügend akkurat betrachtet. Die den Studien entnommenen Zahlen unterstreichen, dass Spielen am Computer generell und vor allem bei Kindern eine beliebte Tätigkeit darstellt. Spielen macht Spass und kann intrinsisch motivierend wirken (Dalgarno et al, 2002). Dies ist Grund genug, sich auch in der Wissenschaft eindringlich mit diesem Medium zu beschäftigen.

2.3.1 Computerspiele und ihre Effekte

Computerspiele sorgen seit Jahren, nicht zuletzt nach dem unvergessenen Schulmassaker an der Columbine High School im Jahre 1999, auch in der Wissenschaft für Kontroversen bezüglich ihres Einflusses besonders auf Kinder und Jugendliche. Auf der einen Seite wird ihnen ein schädigender Einfluss, durch Steigerung der Aggressionsbereitschaft, nachgesagt (z.B. Gentile, Lynch, Linder & Walsh, 2004; van Egmond-Fröhlich, Mößle, Ahrens-Eipper, Schmid-Ott, Hüllinghorst & Warschburger, 2007), auf der anderen Seite ist aber auch gesichert, dass z.B. ein erziehungs- und entwicklungsförderlicher Inhalt im Spiel konstruktiv auf den Spieler wirkt (Barenie, 2005; Subrahmanyam, Greenfield, Kraut & Gross, 2001). Bei aller Diskussion scheint man sich immerhin darin einig zu sein, dass Videospiele prinzipiell einen Einfluss auf den Spieler ausüben können.

In der Psychologie wird Computerspielen oft das Potenzial zugesprochen, räumlich-kognitive Fähigkeiten zu verbessern und somit die Entwicklung von Kindern zu fördern (z.B. Kyllonen, Lohman & Snow, 1984; McClurg & Chaillé, 1987; Okagaki & Frensch, 1994; Subrahmanyam & Greenfield, 1994; De Lisi & Cammarano, 1996; Sims & Mayer, 2002). Die Wissenschaftler griffen hierbei allerdings nur auf bereits existierende kommerzielle Spiele zurück, die nicht in erster Linie zu diesem Zweck programmiert wurden. Bei diesen kann die Leistung beim Spielen gar nicht oder nicht genügend differenziert in psychologisch relevanter Weise operationalisiert werden. In den Studien dienten sie lediglich als Treatment, also als Stimulation. Eventuelle Verbesserungen im räumlichen Denken wurden mithilfe anderer Tests gemessen. In einigen Studien stellten sich solche Effekte ein (z.B. McClurg & Chaillé; Okagaki & Frensch; De Lisi & Cammarano). Sims und Mayer diskutierten, dass die Trainings nur auf die trainierte Fähigkeit wirken, also spezifisch seien. Nur Souvignier (1999) konnte keine Verbesserung feststellen.

Das grösste Problem dieser Studien ist sicher, dass die Spiele, die zum Training eingesetzt wurden, selbst nicht in der Lage waren, Verbesserungen zu messen und überhaupt nicht

spezifisch als (Trainings-) Instrument entwickelt wurden. Damit konnte nicht klar werden, welche Aspekte der Spiele welche Prozesse voraussetzten.

2.4 Entwicklung geeigneterer Spiele

In den letzten Jahren gab es viele Versuche, dieses Problem zu beseitigen und Spiele zu entwickeln, die Situationen zum Lernen schaffen und die Leistung bei der Bearbeitung messen können. Sehr bekannt geworden sind Spiele wie *Dr. Kawashimas Gehirn-Jogging* (Nintendo, 2005), *Big Brain Academy* (Nintendo, 2005) und *Brain Challenge* (Gameloft, 2007), die für den *Nintendo DS*, eine tragbare Konsole, entwickelt wurden. Die Spiele ähneln sich sehr stark. Alle diese Spiele bieten mehrere einfache Tests, bei denen man mithilfe eines Touch-Screen innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit so viele Aufgaben wie möglich nacheinander richtig lösen muss. Das Prinzip der Bearbeitung ähnelt dem eines Intelligenztests, jedoch ohne die Möglichkeit, Antworten zu korrigieren. Überhaupt erinnern diese Spiele eher an Papier und Bleistift Tests als an ein Computerspiel, das normalerweise mehr Interaktivität, also Steuerung etc., beinhaltet. Auch die Auswertung sieht ähnlich aus; es werden lediglich die richtigen Antworten zusammengezählt, jedoch gibt es keine Normierung, was die Verwendbarkeit der Daten einschränkt. Die viel zu einfache Datenausgabe eignet sich alles in allem nur unzureichend für wissenschaftliche eine umfassende wissenschaftliche Auswertung.

Bisher existiert noch kein kommerzielles Spiel, dessen Daten sinnvoll verwendbar wären. Versuche von Wissenschaftlern, solche zu kreieren, scheiterten auf der anderen Seite bisher meist am mangelnden Verständnis, ein ansprechendes Gameplay (Spielmechanik) zu implementieren und resultierten mehr in einem Programm als in einem Spiel (z.B. *Braintwister*, Jaeggi, Buschkuhl, Jonides & Perrig, 2008). Andere griffen daher auf bereits existierende Spiele zurück, setzten diese jedoch nur zum Training gewisser Fähigkeiten ein und massen eventuelle Verbesserungen mithilfe anderer Tests.

Ein bislang einzigartiges Konzept stammt von Haddad, Pinkas und Pécaut (2005). Ihre Idee kleiner Spiele unter dem Namen *Mission Cognition*, basierend auf Konzepten Jean Piagets, ist

wegweisend in der Entwicklung wissenschaftlich einsetzbarer Videospiele. Die einzelnen Spiele stimulieren nachweislich mentale Prozesse (z.B. Haddad-Zubel, Gobet, Plancherel & Schweitzer, 2008; Karmiloff-Smith, 2008) durch ständiges Feedback und die Möglichkeit, falsche Lösungen anzupassen. Die Messung der Prozesse und der Verbesserung macht ein detailliertes Protokoll der im Spiel ausgeführten Aktionen möglich. Diese Besonderheit der detaillierten Datenausgabe ist essentiell für die Forschung und macht die Spiele zu psychologischen Mitteln zur Diagnose kognitiver Fähigkeiten.

Anknüpfend an diese Idee wurde *A Mazing Game* als Spiel und Messinstrument gleichermaßen entwickelt (Manske & Haddad-Zubel, 2009). *A Mazing Game* ist ein dynamisches Spiel, bei dem der Spieler eine Kugel durch ein Labyrinth steuert, während er aus immer wieder anderen Perspektiven auf das Spielfeld blickt. Damit liefert das Spiel eine ganz neue Aufgabe im Feld der räumlich-kognitiven Fähigkeiten, die sich mit keiner bisher existierenden Theorie direkt deckt. *A Mazing Game* wurde speziell dazu entwickelt, das Konzept der mentalen Perspektivenrotation zu testen und damit RKF möglichst gut zu messen. Wie oben beschrieben handelt es sich dabei um keine komplett neue Idee. Es verbindet lediglich bereits bekannte Konzepte im Bereich der räumlich-kognitiven Fähigkeiten. Zur Validierung wird das Spiel in dieser Studie daher auch mit Messwerten aus existierenden Intelligenztests, welche die RKF messen, verglichen.

Das Spiel bietet folgende Vorzüge gegenüber anderen Tests: Durch die computergestützte Messung können alle Aktionen akkurat erhoben werden, das Spiel kann ähnlich den Papier und Bleistift Tests heutzutage leicht und problemlos eingesetzt werden und es ist, anders als bei einfachen IQ Tests beinahe unmöglich, im Spiel zu schummeln, da die Situationen so vielfältig sein können und daher nicht auswendig gelernt werden können. Ausserdem ist es nicht statisch, sondern dynamisch und verbindet damit den Spass des Spielens mit präziser Messung.

2.5 Hypothesen

Dies ist in erster Linie eine explorative Studie, die der Erprobung des Spiels dient. A Mazing Game und die Messungen darin werden dazu mit bereits existierenden räumlichen Tests verglichen. Es ist davon auszugehen, dass Personen, die prinzipiell gut in räumlichen Tests abschneiden, auch im Spiel besser abschneiden.

- Hypothese 1:** Die Ergebnisse in A Mazing Game, sind mit den Ergebnissen aus bestehenden räumlichen Tests vergleichbar, weisen also eine gute konvergente Validität auf.
- Hypothese 2:** Nach geringem Training zeigen sich Verbesserungen in räumlich-kognitiven Intelligenztests im Vergleich zu vorher.
- Hypothese 3:** Im Spiel selbst kommt es schon nach dem geringen Training von vier Durchgängen zu starken Verbesserungen.
- Hypothese 4:** Trotz Verbesserung im Spiel zeigen die Ergebnisse eine gute Retestrelabilität.

3 Methode

3.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen insgesamt 103 Personen teil. Davon waren 42 deutschsprachige Erwachsene und 61 französischsprachige Kinder. Bei den Erwachsenen handelt es sich um Studenten des ersten Jahres der Psychologie an der Universität Freiburg (CH) im Alter von 18 bis 42 Jahren (durchschnittlich 21,77), sechs von ihnen sind männlich, 36 weiblich. Die Kinder gehen in eine Primarschule im Kanton Freiburg und sind neun bis 13 (durchschnittlich 11,29) Jahre alt. 34 von ihnen sind männlich, 27 weiblich.

3.2 Versuchsmaterial

Es wurden verschiedene Mittel zur Untersuchung eingesetzt: Auf der einen Seite verschiedene Teilaufgaben von Intelligenztests, auf der anderen Seite das Spiel *A Mazing Game*. Die Intelligenztests dienen dem Vergleich und der Validierung der Messung von RKF. Alle Intelligenztests wurden mithilfe des *Hogrefe Testsystems* am PC durchgeführt². Dadurch, dass sie am gleichen Medium, dem Computer, bearbeitet wurden, lassen sie sich besser mit *A Mazing Game* vergleichen. Bei den Intelligenztests handelte es sich um bekannte und häufig verwendete Tests: Den *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R (I-S-T 2000 R)*, Liepmann et al., 2007), das *Leistungsprüfsystem (LPS)*, Horn, 1983) und das *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung für 4. bis 6. Klassen - revidierte Fassung (PSB-R 4-6)*, Horn, Lukesch, Kormann & Mayrhofer, 2002). Der *I-S-T 2000 R* ist ein Intelligenztest für Erwachsene. Daraus wurde die Skala der figuralen Intelligenz mit den Subtests *Figurenauswahl (FA)*, *Würfelaufgaben (WÜ)* und *Matrizen (MA)* für die Erwachsenen verwendet. Das LPS und das PSB-R 4-6 sind kindergerechte Tests. Dem LPS wurden die räumlichen Tests *Räumliches Rotieren (U7)*, *Räumliches Vorstellen und Formen mit Symbolvergleich (U8)* und *Räumliches Vorstellungsvermögen (U9)* entnommen, dem PSB-R 4-6 die logischen Untertests *AG 2 Zahlenreihen (Reasoning 1)*, *AG 3 Buchstabenreihen (Reasoning 2)* und *AG 4 Figurale Reihen (Reasoning 3)*. Das PSB-R 4-6 hat seinen Ursprung im LPS. Es ist besser normiert als das LPS und erhielt daher den Vorzug bei den logischen Tests. Die räumlichen Tests wurden darin jedoch auf den Untertest *Räumliches Vorstellungsvermögen* reduziert. Dies genügte nicht für die Untersuchung. Daher fiel die Entscheidung dort zugunsten des LPS aus. Für alle Tests gibt es Parallelförmigkeiten, die das Vor- und Nachtesten mit dem gleichen Instrument ermöglichen.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der logischen Tests in dieser Arbeit nicht von Bedeutung sind. Die Tests wurden lediglich aus dem Grund zusätzlich erhoben, dass die

² Zur Verfügung gestellt von Herrn Prof. Dr. Klaus-Dieter Hänsgen, vom Zentrum für Testentwicklung und Diagnostik am Psychologischen Institut der Universität Fribourg.

Kontrollgruppe ebenfalls einer weiteren Studie zum Vergleich diene, für die auch logisches Denken bedeutsam war. Um methodisch korrekt zu bleiben, bearbeitete auch die Experimentalgruppe (EG) die Untertests des PSB-R 4-6.

Das Instrument, mit dem die mentale Perspektivenrotation der Versuchsgruppen getestet wurde und das RKF möglichst zuverlässig messen soll, heisst *A Mazing Game* und ist ein Computerspiel primär für Kinder, das von mir speziell zur Messung der Leistung bei der MPR erdacht und entwickelt wurde. Die Programmierung übernahm ein Projektteam der Berner Fachhochschule – Technik und Informatik (BFH-TI)³.

Bei *A Mazing Game* besteht die Aufgabe darin, eine stetig rollende Kugel durch ein Labyrinth⁴ (Abb. 1) zu navigieren, und dabei Punkte einzusammeln, die überall im Labyrinth einer nach dem anderen auftauchen, wobei die Perspektiven nach gewissen Zeiten wechseln. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Kugel im Spiel bewegt ist vor Spielbeginn in vier Stufen einstellbar; *Langsam*, *Normal*, *Schnell* und *Licht*. Dabei ist *Licht* (4) doppelt so schnell wie die *Schnell* (3), welche wiederum auch doppelt so schnell ist wie die Stufe *Normal* (2) und diese ist doppelt so schnell wie *Langsam*(1) .⁵ Während des Spiels sieht der Spieler stets nur einen Teil des Irrgartens, die Kugel ist dabei immer mittig (Abb. 2).

³ Bestehend aus Brigitte Hulliger, Dominic Stalder und André Wittwer unter der Leitung und tatkräftiger Unterstützung von Michael Luggen.

⁴ Die absolut korrekte Bezeichnung wäre *Irrgarten* (ein Labyrinth hat klassischerweise keine Verzweigungen, sondern nur einen einzigen verschlungenen Weg, siehe das *Labyrinth von Chartres*). Da der Begriff *Labyrinth* allgemein mit Irrgarten gleichgesetzt wird, sei die Verwendung hier legitim.

⁵ Der Leser begnüge sich hier bitte mit der Information, dass es auf *Licht* Geschwindigkeit auch für einen guten erwachsenen Spieler sehr schwer ist, keine Fehler zu machen. Weitere Informationen zu *A Mazing Game* sind auf Anfrage erhältlich.

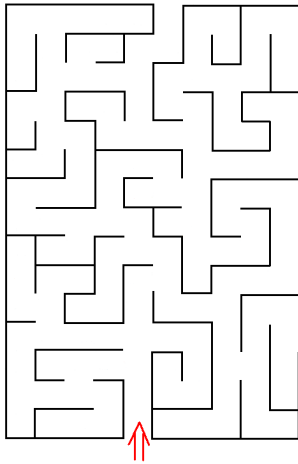


Abb. 1: Labyrinth Übersicht

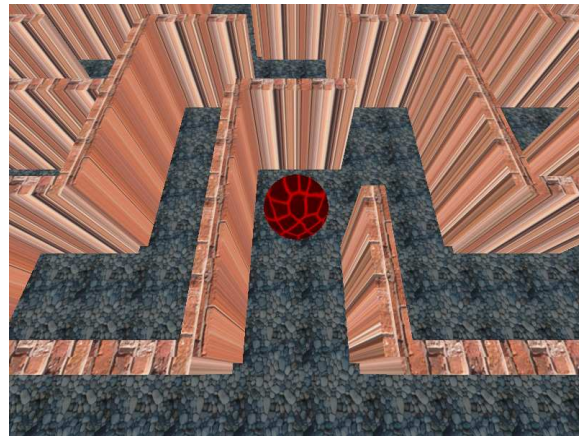


Abb. 2: Spielansicht 0°

Der sichtbare Teilausschnitt verändert sich demnach mit der Laufrichtung der Kugel. Diese bewegt sich stetig auf den Wegen zwischen den Wänden des Labyrinths. Lenkt man in eine falsche Richtung oder reagiert zu spät, kollidiert die Kugel mit der Wand und es gibt eine visuelle Erschütterung, solange bis in die richtige Richtung gelenkt wird und die Kugel die Fahrt fortsetzen kann. Dadurch dass sich die Kugel stetig bewegt, muss der Spieler schnell reagieren, um nicht direkt gegen eine Wand zu fahren.

Es gibt zusätzlich die Möglichkeit, eine Übersichtskarte aufzurufen. Auf dieser ist die Position der Kugel und die des nächsten Items (Objekts) verzeichnet. Ausserdem ein halb durchsichtiger Pfeil in der Mitte der Karte, der später noch näher erläutert wird (Abb. 3).



Abb. 3.: Karte 0°

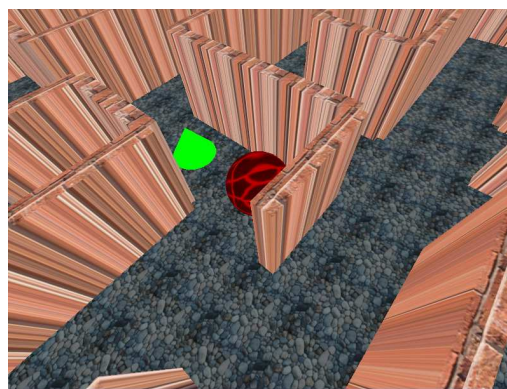


Abb. 4: Ansicht 135°

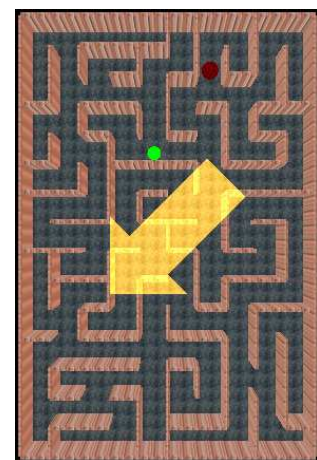


Abb. 5: Karte 135°

Während die Karte aufgerufen ist, pausiert das Spiel. Der Spieler kann sich anhand der Karte orientieren und den Weg zum nächsten Objekt suchen. Verlässt der Spieler die Kartenansicht, wird das Spiel direkt fortgesetzt, d.h. die Kugel rollt in der Weise weiter wie vor dem Aufrufen der Karte. Das Ziel ist es, so viele Items wie möglich zu sammeln, dabei so wenig wie möglich gegen die Wände zu stossen und am Ende aus dem Labyrinth herauszufahren.

Der Spieler steuert die Kugel mit den Pfeiltasten nach vorne, zurück, rechts oder links. Die Schwierigkeit im Spiel besteht darin, dass alle 75 Sekunden die Perspektive wechselt, von der aus man auf die Kugel und den Teilausschnitt des Irrgartens blickt, wobei die Perspektive, aus der das Objekt *gesteuert* wird, über alle Blickwinkel hinweg gleich bleibt. Es werden nacheinander alle Perspektiven einer Drehung von 45° eingenommen. Das heisst, die Ansicht wechselt von 0° zu 270°, 135°, 45°, 225°, 90°, 315° und 180° in der Reihenfolge. Am Ende rotiert die Sicht zum letzten Mal auf die 1° Perspektive⁶ und der Ausgang öffnet sich, sodass man das Labyrinth verlassen und damit das Spiel beenden kann. Auch wenn die Ansicht wechselt, bleibt die Steuerung immer wie in der 0° Perspektive, in der die Pfeiltaste „oben“ der Richtung „geradeaus“, „rechts“ kongruent der Richtung „rechts“ entspricht usw. (Abb. 6). Angenommen, der Blickwinkel entspräche 180°, so würde die Taste „oben“ nun bedeuten, dass die Kugel sich aus Sicht des Spielers zurück bewegt (Abb. 7). Entspräche die Perspektive 270°, führe die Kugel beim selben Befehl nach links (Abb. 8). Die Karte bleibt derweil immer gleich ausgerichtet; „oben“ entspricht dort immer der Taste „oben“. Der bereits erwähnte Pfeil auf der Übersichtskarte gibt nun jeweils an, aus welcher Richtung der Spieler auf das Labyrinth blickt, wenn er sich im Spiel befindet (Abb.4). Der Pfeil entspricht also einer der genannten Perspektiven (Abb. 5).

⁶ Diese Perspektive ist lediglich für das Verlassen des Labyrinths relevant und wird in der späteren statistische Analyse nicht verwendet. Es wurde dazu 1° gewählt, da sich diese Perspektive optisch nicht merklich von den 0° unterscheidet, jedoch in der Auswertung leichter ausgeklammert werden kann. So lassen sich die Bedingungen für alle Vpn gleich halten.

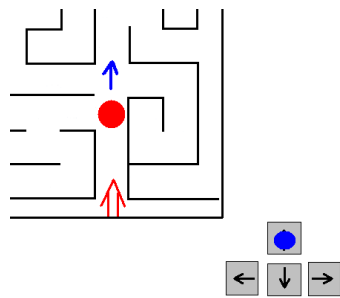


Abb. 6: Steuerung bei 0°

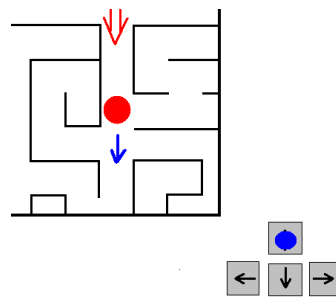


Abb. 7: Steuerung bei 180°

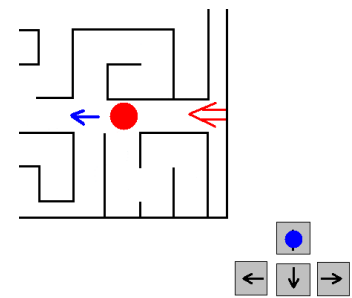


Abb. 8: Steuerung bei 270°

Während des Spiels werden alle Aktionen - passive und aktive - registriert und nacheinander in eine Log Datei eingeschrieben. Diese Daten lassen sich mit Microsoft Excel zusammenfassen und auswerten. So können z.B. alle Kollisionen der Kugel mit den Wänden bei einer bestimmten Perspektive zusammengezählt werden, alle gesammelten Objekte, die Häufigkeit der Zuhilfenahme der Karte usw. So lässt sich das Spiel im wissenschaftlichen Kontext als präzises Messinstrument verwenden.

3.3 Versuchsplan

Es gab vier Versuchsbedingungen: Es wurde zwischen Kindern der Primarschule und erwachsenen Studenten unterschieden, die entweder zur Experimental- oder zur Kontrollgruppe zugeteilt wurden. In der Kontrollgruppe (KG) führten die Versuchspersonen (Vpn) in einem vorher-, nachher Setting zu zwei verschiedenen Zeitpunkten Teilaufgaben der Intelligenztests durch (Prä- und Posttest). Die Erwachsenen bearbeiteten die drei bereits genannten Teilaufgaben des I-S-T 2000 R (Lipmann et al., 2007), die Kinder zuerst die drei Aufgaben des LPS (Horn, 1983) und im Anschluss die des PSB-R 4-6 (Horn et al., 2002). Die Vpn der Experimentalgruppe (EG) bearbeiteten ebenfalls diese Subtests, spielten aber zwischen der ersten und der zweiten Messung ausserdem das Computerspiel A Mazing Game. Bei den Erwachsenen bestand die EG aus 22 Personen, davon waren fünf männlich und 17 weiblich, die KG aus 20, einer männlichen und 19 weiblichen, Personen. Die EG der Kinder bestand aus 27 Personen, von denen 15 männlich und 12 weiblich waren. In der KG waren insgesamt 34 Kinder, 19 Jungen und 15 Mädchen. Die Zuteilung der Personen zur EG

oder KG erfolgte im Voraus gemäss einer gleichmässigen Verteilung. Aufgrund der mehrmaligen Untersuchungstermine wurden - durch Abwesenheit von Personen an mindestens einem der Termine - Daten unbrauchbar, wodurch sich die nicht ganz ausgeglichenen Gruppen erklären. Die unvollständigen Daten wurden gänzlich aus der Studie ausgeschlossen.

Die Stichprobe der Erwachsenen ist aufgrund der geringen Anzahl männlicher Teilnehmer nicht repräsentativ. Wegen starker Unterschiede des Materials (verschiedene IQ Tests) und bei der Durchführung (verschiedene Geschwindigkeiten im Spiel) zwischen Erwachsenen und Kindern, ist auch ein direkter Vergleich der Daten nicht zulässig. Die Daten der Erwachsenen werden daher eher explorativ genutzt.

3.3.1 Unabhängige Variablen (UVn)

Die erste unabhängige Variable (UV) war das Alter der Vpn. Dort gab es zwei Gruppen: Kinder und Erwachsene.

Die zweite UV betrifft die Versuchsbedingung, ob die Vpn A Mazing Game spielten oder nicht. Auch hier gab es zwei Gruppen: EG und KG.

Die dritte UV war die Geschwindigkeit des Spiels. Die Kinder spielten auf normaler Stufe (2), die Erwachsenen auf schneller Stufe (3). Dieser Unterschied war nötig, damit niemand unter- bzw. überfordert wurde.

Die vierte UV betrifft die verschiedenen IQ Tests. Die Erwachsenen führten den I-S-T 2000 R durch, die Kinder LPS und PSB-R 4-6.

Die fünfte UV waren die acht Perspektiven (0°, 45°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° und 360°) im Spiel, die für alle Vpn der EG in gleicher Reihenfolge nach 75 Sekunden wechselten.

3.3.2 Abhängige Variablen (AVn)

Die abhängigen Variablen (AVn) waren Anzahl der Kollisionen (*Collisions*) und gesammelter *Items* (Punkte) im Spiel als Masse der Leistung der MPR (weitere Masse, wie z.B. die Häufigkeit des Kartengebrauchs wurden nicht erhoben, um den Umfang der Arbeit nicht zu überschreiten) und die erzielten Punkte in den räumlichen Intelligenztests als Masse der RKF. Es wurden dafür jeweils Daten zu zwei Messzeitpunkten ermittelt (Prätest und Posttest).

3.4 Durchführung

3.4.1 Erwachsene

Die Versuche mit den Erwachsenen fanden im Computerraum der Universität Fribourg statt. Die ganze Experimentalgruppe konnte somit gleichzeitig teilnehmen. Zu diesem Zweck halfen mindestens zwei weitere Versuchsleiter (VL) aus. Die Kontrollgruppe war in verschiedene kleinere Gruppen aufgeteilt, alle fanden jedoch die gleichen Bedingungen vor. Zu Beginn wurden die Versuchspersonen begrüßt und über den Verlauf der einzelnen Untersuchungstermine aufgeklärt. In der ersten Sitzung führten alle Vpn, sowohl die der KG als auch der EG, die drei Aufgaben des I-S-T 2000 R (Liepmann et al., 2007). Dazu erhielten alle Personen einen Code, mit dem sie sich für die Testung im Internet anmelden konnten. Danach folgten sie den Anweisungen des Tests. Die Bearbeitung dauerte etwa 40 Minuten pro Person, Verzögerungen durch technische Probleme nicht berücksichtigt. Bei der zweiten Sitzung eine Woche später spielten die Vpn der EG das Computerspiel A Mazing Game. Folgende Instruktion zur Durchführung erhielten sie schriftlich:

Du wirst jetzt in einem Labyrinth reisen. Auf deiner Reise solltest Du so viele Punkte wie möglich sammeln und so wenig wie nur möglich gegen die Wände fahren. Wenn Du auf die Leertaste drückst, kannst du auf der Karte sehen, wo die Punkte liegen. Pass jedoch auf: Alle 75 Sekunden dreht sich das Labyrinth ein

wenig. Die Steuerung bleibt jedoch wie in der ersten Situation. Du musst deine Fahrt anpassen und nicht zu viel an die Wände stossen. Überlege Dir, wie man in jeder neuen Situation weiterlenken muss. Es ist nicht ganz einfach, aber versuche dennoch, Deine Reise fortzusetzen. Sobald die Anfangsperspektive wieder erreicht wird, öffnet sich der Ausgang und du kannst das Labyrinth verlassen.

Drücke nun auf PLAY.

Gute Fahrt! Vergiss nicht, den Wänden auszuweichen und sammle viele Punkte.

Die Instruktion enthielt ausserdem Informationen über die Steuerung des Spiels mithilfe des Bildes einer Tastatur. Allfällige Fragen wurden von den Versuchsleitern beantwortet. Die V1 achteten bei der Durchführung darauf, dass die Vpn möglichst konzentriert spielten. Jedes Spiel dauerte 10 Minuten bis alle Perspektiven durchlaufen waren und sich der Ausgang bei der 1° Ansicht („Anfangsperspektive“) öffnete. Die Versuchspersonen wurden dann jeweils gebeten, das Labyrinth zu verlassen. Nach Beendigung des Spiels wurde das Spiel neu gestartet. Insgesamt spielten die Vpn A Mazing Game dreimal. Die ersten beiden Durchgänge auf *Schnell*, den dritten zum Testen auf schnellster Stufe (*Licht*). Nach dem dritten Durchgang wurden die Daten gesichert.

Bei der letzten Sitzung, wiederum eine Woche später, spielten die Vpn der EG A Mazing Game noch ein Mal auf zweitschnellster Stufe. Die Daten wurden im Anschluss wieder gesichert. Danach bearbeiteten die Vpn erneut den I-S-T 2000 R in der Parallelform.

Die KG dagegen erschien nur zu zwei Terminen und führte den Posttest ohne jegliches Treatment durch. Aus Planungsgründen war es dabei nicht möglich, den Nachtest wie in der EG genau zwei Wochen nach Bearbeitung des Vortests durchzuführen. Für die KG wurden insgesamt frühere Termine gewählt.

Am Ende wurden die Versuchspersonen für die Teilnahme mit Versuchspersonenstunden entlohnt. Sie erhielten ausserdem die Möglichkeit, ihre Ergebnisse einzusehen.

3.4.2 Kinder

Die Untersuchungen mit den Kindern fanden in der Schule selbst statt. Dort wurde ein ruhiger Raum zur Verfügung gestellt, in dem zwölf Laptops im Halbkreis aufgebaut waren, sodass alle Kinder nach innen blickten und gut nach vorne sehen konnten. Die Kinder kamen in einzelnen Gruppen, fanden jedoch immer die gleichen Bedingungen vor. Zu Beginn wurden die Kinder begrüßt und angewiesen, sich vor einen PC zu setzen. Jedem Kind wurde nun von einem der mindestens zwei VI geholfen, die Testreihen des LPS (Horn, 1983) und des PSB-R 4-6 (Horn et al., 2002) zu starten und die persönlichen Daten einzugeben. Danach wurden für die beiden Teilintelligenztests die Instruktionen auf französisch per Power Point präsentiert, da die Instruktionen in den Tests nur auf Deutsch verfügbar sind. Die Darbietung entsprach exakt der im Test, die Felder zum weiterschalten waren gleich, lediglich die Texte wurden übersetzt. So war es für die Kinder einfach, das Gezeigte zu übertragen und selbstständig im Test weiterzuschalten. Die Instruktionen ertönten zusätzlich akustisch mit zuvor aufgenommener Stimme, um Problemen beim Lesen oder beim Verständnis vorzubeugen. Auf diese Weise erfolgten alle Instruktionen für die einzelnen Unteraufgaben. Bei Fragen und Schwierigkeiten wurde von den VI sofort geholfen. Die Kinder bearbeiteten die Tests gewissenhaft. Die Durchführung wurde dabei stets durch die VI überwacht.

Beim zweiten Termin erschien nur die EG, wieder in einzelnen Gruppen. Die Kinder fanden die gleichen Bedingungen wie in der ersten Sitzung vor. Allerdings spielten sie dieses Mal A Mazing Game und bearbeiteten keinen IQ Test. Die Instruktion erfolgte bei den Kindern auch per Power Point mit eingespielter Stimme. Auf diese Weise fiel es den Kindern leichter, die Anweisungen zu verstehen. Der Inhalt entsprach der Instruktion für Erwachsene, war jedoch ins Französische übersetzt worden. Die Art der Steuerung des Spiels wurde ebenfalls erklärt. Auch hier wurden Fragen von den Versuchsleitern direkt beantwortet. Im Anschluss an die Einführung halfen die VI erneut bei der Dateneingabe und kontrollierten, dass alle Kinder auf der zweiten Geschwindigkeitsstufe *Normal* spielten. Alle Kinder der EG spielten das Spiel dreimal auf dieser Stufe. Die VI stellten sicher, dass sie das Spiel konzentriert spielten. Nachdem alle Kinder die drei Spiele beendet hatten, wurden sie entlassen und die Daten gesichert.

Bei der dritten Sitzung kamen erneut alle Kinder. Diejenigen, die bereits A Mazing Game dreimal gespielt hatten, spielten es ein letztes Mal, wieder auf *normaler* Geschwindigkeit. Nach Beendigung des Spiels führten sie erneut die Teilaufgaben der Intelligenztests durch, allerdings in der jeweiligen Parallelform. Die Kinder der KG taten dies ohne vorheriges Spielen. Wie auch zuvor wurde die Bearbeitung stets überwacht. Am Ende wurden erneut alle Daten gesichert.

4 Ergebnisse

4.1 Einschränkungen der Verwendbarkeit von Daten

Wie bereits erwähnt, lassen sich die Daten der Erwachsenen nicht vollständig verwenden. Das liegt zum einen an der geringen Anzahl männlicher Teilnehmer, zum anderen an den ungleichen Zeiten zwischen Prätest und dem Posttest zwischen KG und EG. Die Daten werden lediglich explorativ zur Auswertung und zum Vergleich der Daten des Spiels und zum Vergleich mit dem Prätest verwendet, jedoch nicht zum Vergleich zwischen KG und EG. Da jedes Spiel unabhängig von der Geschwindigkeit immer 10 Minuten, in denen gemessen wird, plus Restzeit dauert, kann man im schnelleren Spiel logischerweise mehr Fehler machen oder mehr Items sammeln. Es können die im Spiel gewonnenen Daten daher nicht zum direkten Vergleich zwischen Erwachsenen und Kindern verwendet werden, weil sie auf unterschiedlichen Geschwindigkeiten ermittelt wurden. Dies war nötig, um die Vpn nicht zu über- oder unterfordern.

4.2 Beschreibung der AVn

Zur Messung wurden in dieser Arbeit verschiedene Daten verwendet. Die RKF wurden mit den räumlichen IQ Tests zweimal gemessen (Prätest und Posttest). Die einzelnen

Teilaufgaben der Intelligenztests lieferten intervallskalierte Rohwerte aus der Summe richtig beantworteter Items, die sich zu einem Gesamtwert aufsummieren lassen. Es wurden nicht die normierten Werte der einzelnen Untertests verwendet, da diese durch die Verrechnung eines Stichproben-Parameters verzerrt sind. Zur Errechnung eines Trainingseffektes wurde jeweils die Differenz zwischen Prä- und Posttest errechnet, deren Mittelwerte zwischen KG und EG verglichen wurden, da nur die Differenz Aufschluss über eine Verbesserung geben kann.

Obwohl A Mazing Game jeweils viermal gespielt wurde, fliessen lediglich die Daten aus zwei Durchgängen in die Auswertung ein; die des zweiten und die des vierten Durchgangs. Der erste wurde als Trainingsdurchlauf gewertet, bei dem sich der Spieler mit der Steuerung vertraut machen konnte. Aufgrund nicht kontrollierbarer individueller Unterschiede der Vpn in der Anpassung an neue Situationen, konnte dieser nicht gewertet werden. Der zweite Durchgang wurde aufgrund der vorherigen Übung als besser angesehen, die Leistung der MPR zu messen. Der dritte wurde aus Gründen der Datenreduzierung und der Irrelevanz für die Fragestellungen ignoriert. Der vierte und letzte Durchlauf wurde wiederum in die Datenanalyse miteinbezogen, um einen Trainingseffekt innerhalb des Spieles zu messen.

Aus der Fülle der im Spiel A Mazing Game gewonnenen Daten wurden zur Messung der MPR die Kollisionen (*Collisions*) mit den Wänden als Fehler und die Anzahl gesammelter *Items* als positive Leistung erhoben. Das heisst, je mehr der Spieler mit Wänden zusammenstiess, desto schlechter war seine Leistung; je mehr Items er sammelte, desto besser. Es wurden dazu jedoch nur die Perspektiven 0° , 270° , 135° , 45° , 225° , 90° , 315° und 180° in die Analyse mit einbezogen, da die letzte 1° -Perspektive der Beendigung des Spiels dient und für jede Vp unterschiedlich lang ist, abhängig von der Entfernung zum Ausgang, der Motivation, das Labyrinth schnell zu verlassen und der Anzahl der Fehler.

4.3 Deskriptive Ergebnisse

Vergleiche der Intelligenztests

In dieser Studie wurden Prä- und Posttests der IQ Tests der Kinder verglichen, um zu sehen, ob sich die Leistungen der RKF in der EG stärker verbessert haben als die der KG. Dazu wurden die Leistungen im Prä- und Posttest sowohl der EG als auch der KG gegenübergestellt (Abb. 9). Die Graphik zeigt leichte Mittelwertunterschiede. Die EG weist im Posttest einen höheren Wert auf als die KG, obwohl sich im Prätest ein niedrigerer Wert zeigte. Der Grad der Verbesserung lässt sich nicht ablesen. Daher wurden die Differenzen Posttest minus Prätest der beiden Gruppen gegenübergestellt, um einen Unterschied besser ablesen zu können (Abb. 10).

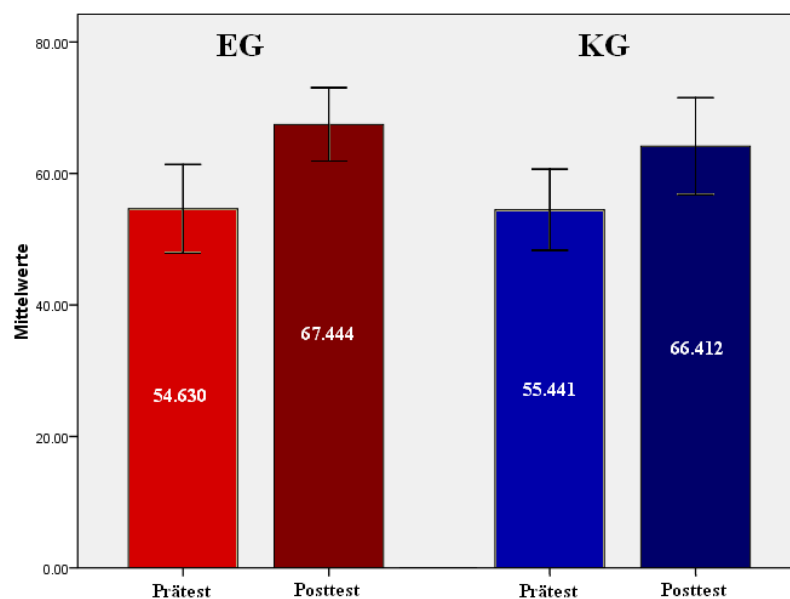


Abb. 9: Mittelwerte der Gesamtrohwerte des Prä- und Posttests der Kinder in der EG (links) und der KG (rechts). Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

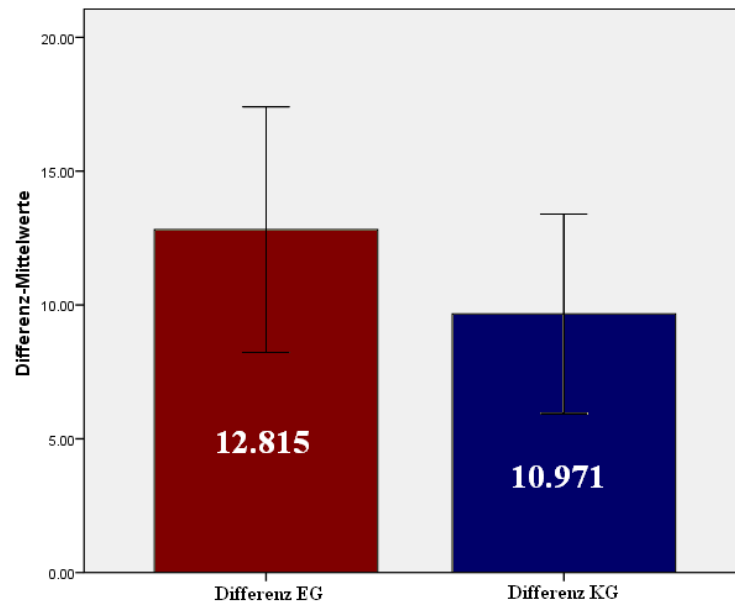


Abb. 10: Mittelwerte der Differenzen zwischen Prätest und Posttest der EG (links) und der KG (rechts) in der Gruppe der Kinder. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

Es zeigt sich allerhöchstens eine Tendenz Richtung Hypothese und zwar, dass die die Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Test bei der EG grösser ist als bei der KG, die EG also prinzipiell vom Training gegenüber der KG profitierte. Die Fehlerbalken lassen diesen Unterschied jedoch schwach erscheinen.

Vergleiche der Daten innerhalb des Spiels

Kinder

Im Spiel selbst sollte es gemäss Hypothese ebenfalls schon nach wenigem Spielen zur Verbesserung der Leistung kommen. Zum Vergleich wurden die Daten des zweiten und des vierten Durchgangs herangezogen.

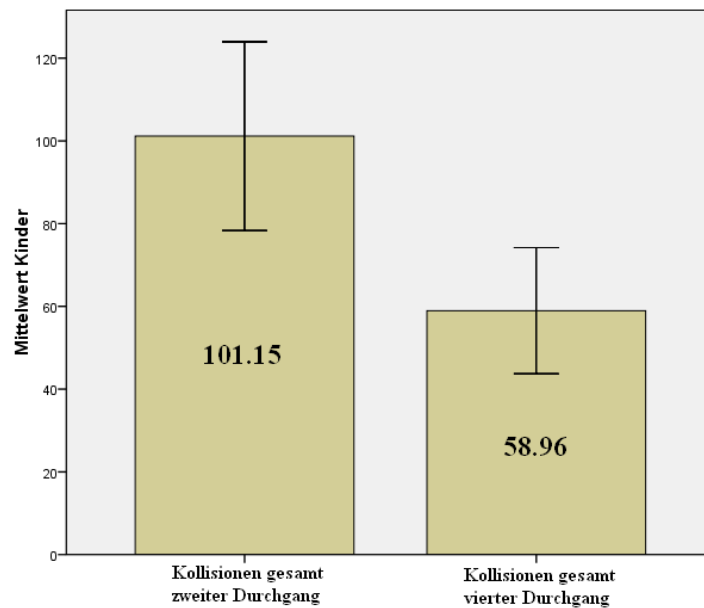


Abb. 11: Vergleich der Mittelwerte der Fehler (Kollisionen), die insgesamt beim zweiten (links) und beim vierten Mal Spielen (rechts) innerhalb der Gruppe der Kinder gemacht wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

Abbildung 11 zeigt die unterschiedlichen Mittelwerte der kumulierten Kollisionen, der gemachten Fehler, in der Gruppe der Kinder bei beiden Spielen. Erwartungsgemäss machten die Kinder im späteren Durchgang deutlich weniger Fehler als im früheren.

Es wurde ausserdem die Häufigkeit der Kollisionen bei zunehmendem Grad der Drehung verglichen, wobei die Werte der 45° und der 315° Perspektive, der 90° und 270° Perspektive und zuletzt die der 135° und 225° zuvor gemittelt wurden, da die Paare die jeweils gleiche Drehung von 0° darstellen, allerdings in unterschiedlichen Richtungen (Abb. 12). Es lässt sich der Graphik ausserdem entnehmen, dass die Fehler zwischen zweitem und viertem Spielen offenbar gleichmässig über die Perspektiven hinweg abnahmen. Eine Besonderheit zeigt sich auch bezüglich der 90° Perspektive. Hier sind die Werte deutlich höher als bei den anderen, die Leistungen dort demnach offenbar am schlechtesten. Diese Besonderheit wird später ad hoc auf Signifikanz geprüft werden, da sie der bisherigen Erwartung, die Schwierigkeit nehme stetig mit dem Grad der Drehung zu, widerspricht.

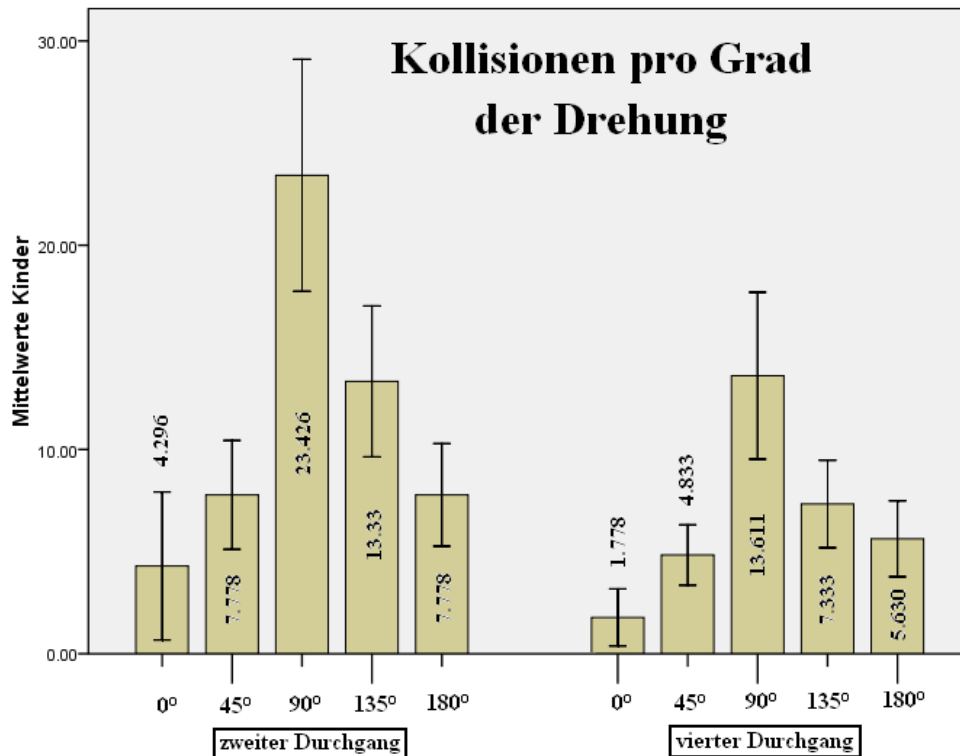


Abb. 12: Vergleich der Mittelwerte der Fehler (Kollisionen), die pro Grad der Drehung beim zweiten (0° bis 180° , links) und beim vierten Mal Spielen (0° bis 180° , rechts) innerhalb der Gruppe der Kinder gemacht wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

Als weiteres Leistungsmass wurden die gesammelten Items der Kinder in die Analyse miteinbezogen. Auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede. Gemäss der Erwartung wurden im späteren Spiel mehr Items eingesammelt als im früheren (Abb. 13). Auch für die gesammelten Items wurden die Stufen der Drehung einzeln verglichen (Abb. 14). Es wird auch hier ersichtlich, dass die Leistung, also die Anzahl gesammelter Items, in allen Perspektiven relativ gleichmässig zunimmt. Wie schon bei den Kollisionen lassen sich hier äquivalente Daten bezüglich der Schwierigkeiten einzelner Perspektiven, jedenfalls den früheren Durchgang betreffend, feststellen. Bei der 90° Perspektive wurden am wenigsten Items gesammelt. Dieser Unterschied relativiert sich jedoch im vierten Spiel gegenüber der 135° Perspektive sichtlich.

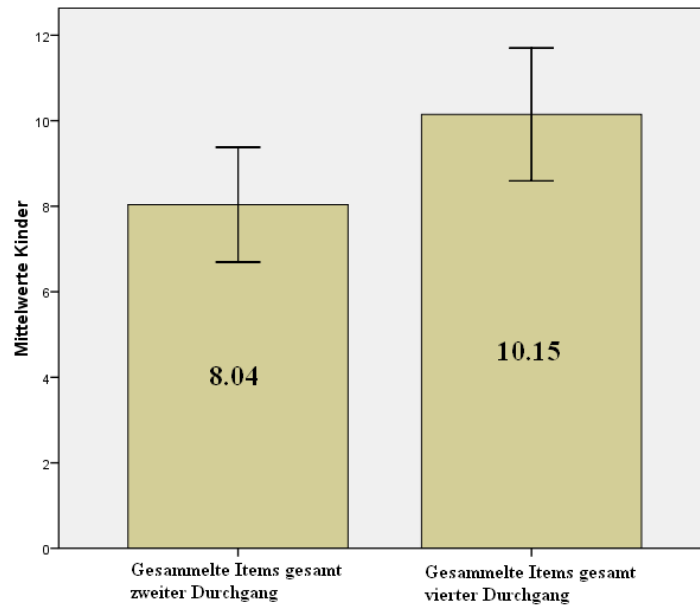


Abb. 13: Vergleich der Mittelwerte der gesammelten Items, die insgesamt beim zweiten (links) und beim vierten Mal Spielen (rechts) innerhalb der Gruppe der Kinder gesammelt wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

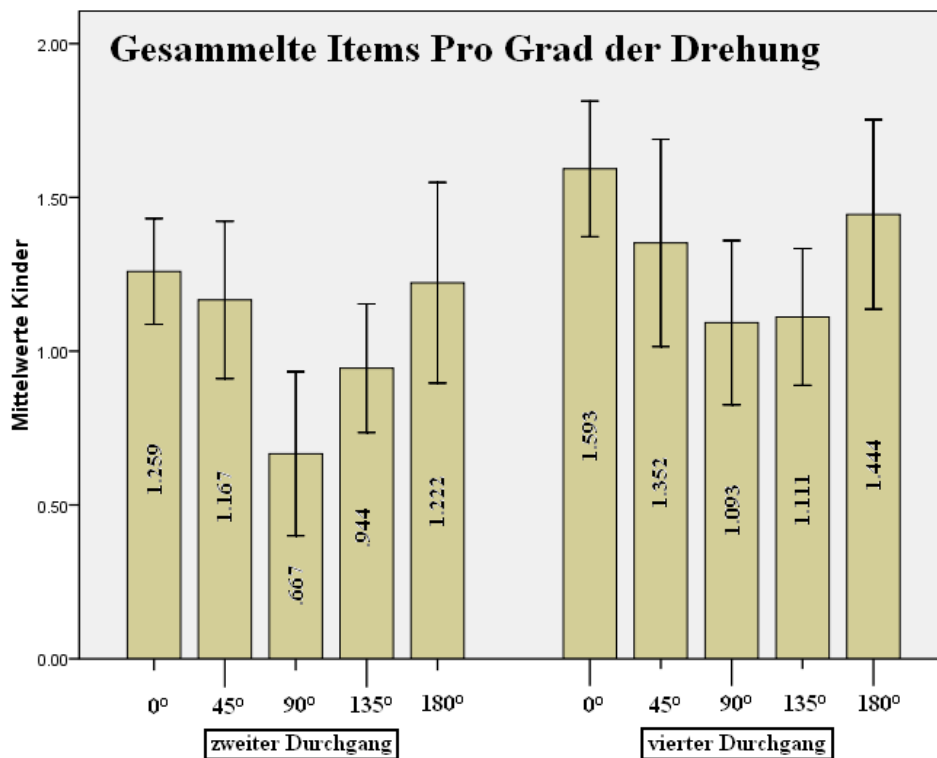


Abb. 14: Vergleich der Mittelwerte der Items, die pro Grad der Drehung beim zweiten (0° bis 180°, links) und beim vierten Mal Spielen (0° bis 180°, rechts) innerhalb der Gruppe der Kinder gesammelt wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

Erwachsene

Zwar lassen sich die Werte der Erwachsenen mit denen der Kinder nicht direkt vergleichen, da beide Gruppen auf unterschiedlichen Geschwindigkeits-/ Schwierigkeitsstufen das Spiel spielten, allerdings lassen sich dennoch qualitative Vergleiche bezüglich Leistungszuwachs oder Schwierigkeit einzelner Perspektiven anstellen.

Es lässt sich bei den Erwachsenen, wie bei den Kindern, eine Verbesserung innerhalb des Spiels an den Kollisionen ablesen (Abb. 15). Die Mittelwerte des zweiten Spiels sind höher als die des vierten. Auch die Erwachsenen machten später weniger Fehler.

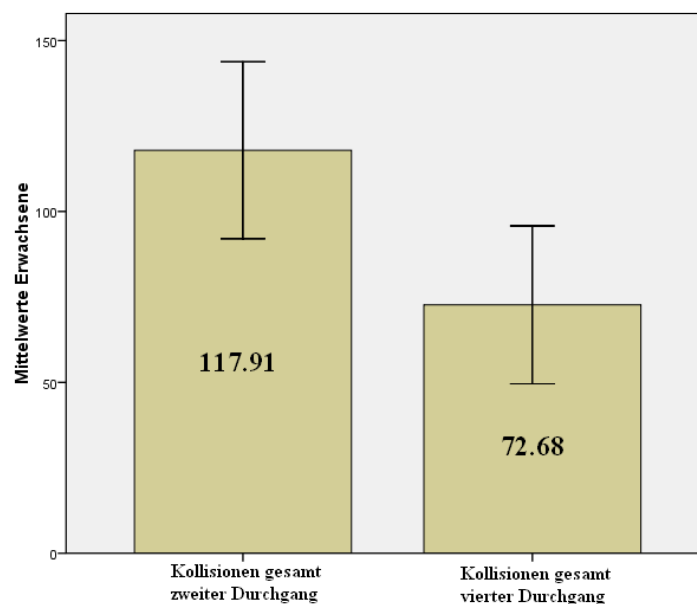


Abb. 15: Vergleich der Mittelwerte der Fehler (Kollisionen), die insgesamt beim zweiten (links) und beim vierten Mal Spielen (rechts) innerhalb der Gruppe der Erwachsenen gemacht wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

Die Betrachtung der verschiedenen Stufen (Abb. 16) zeichnet ebenfalls ein ähnliches Bild bezüglich der Schwierigkeit bei 90° und der gleichmässigen Verbesserung bei allen Perspektiven. Auffällig ist noch, dass im frühen Spiel fast, im späteren gar keine Fehler in der 0° Perspektive gemacht wurden.

Auch bei den gesammelten Items (Abb. 17) zeigt sich, dass im vierten Durchgang mehr gesammelt wurden als im zweiten. Die Erwachsenen verbesserten sich also offensichtlich auch bezüglich dieses Leistungsmasses.

Die Darstellung der verschiedenen Perspektiven (Abb. 18) zeichnet bei den Erwachsenen ein ähnliches Bild wie bei den Kindern und ist erwartungsgemäss äquivalent zu den Ergebnissen der Kollisionen.

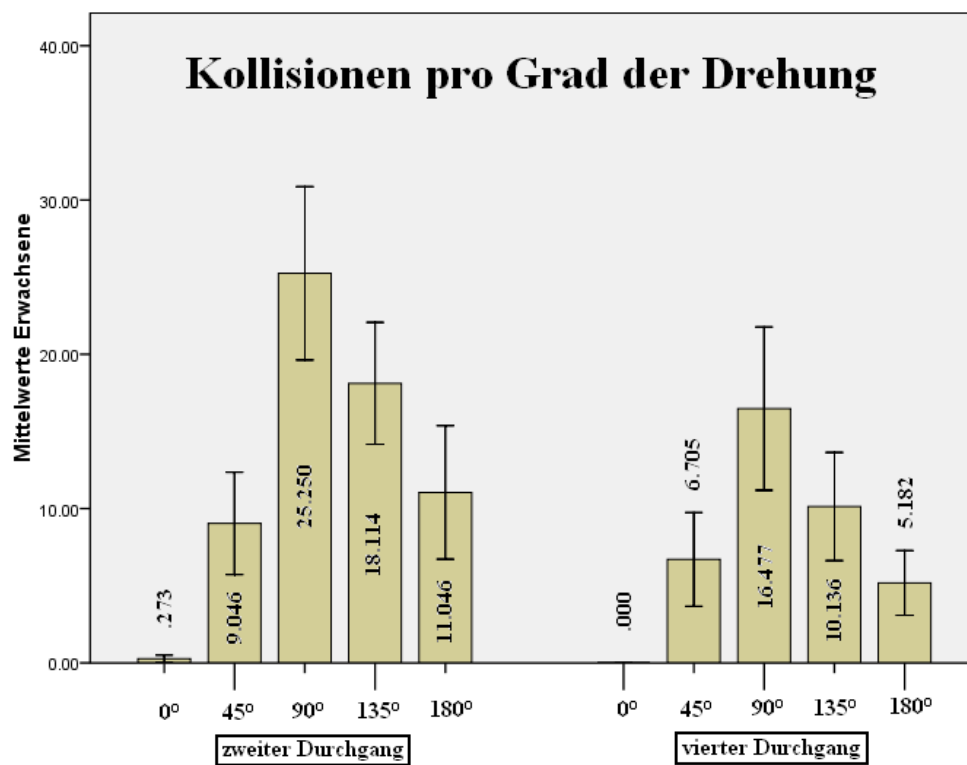


Abb. 16: Vergleich der Mittelwerte der Fehler (Kollisionen), die pro Grad der Drehung beim zweiten (0° bis 180° , links) und beim vierten Mal Spielen (0° bis 180° , rechts) innerhalb der Gruppe der Erwachsenen gemacht wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

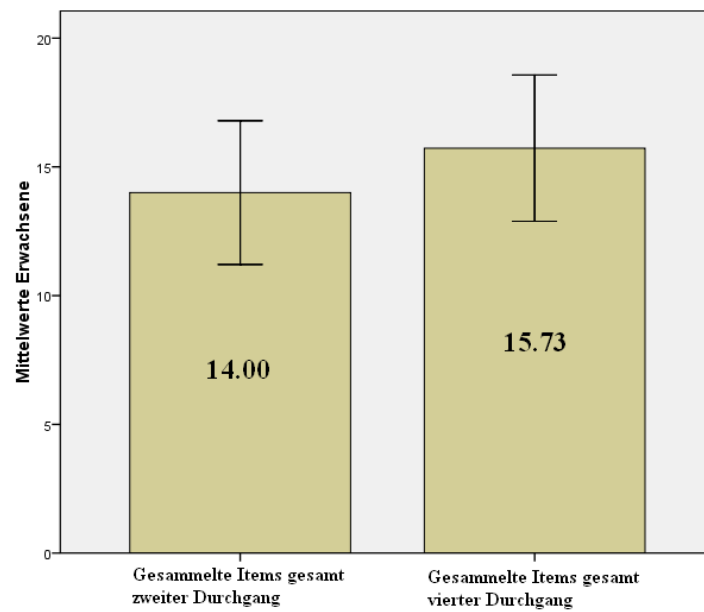


Abb. 17: Vergleich der Mittelwerte der gesammelten Items, die insgesamt beim zweiten (links) und beim vierten Mal Spielen (rechts) innerhalb der Gruppe der Erwachsenen gesammelt wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

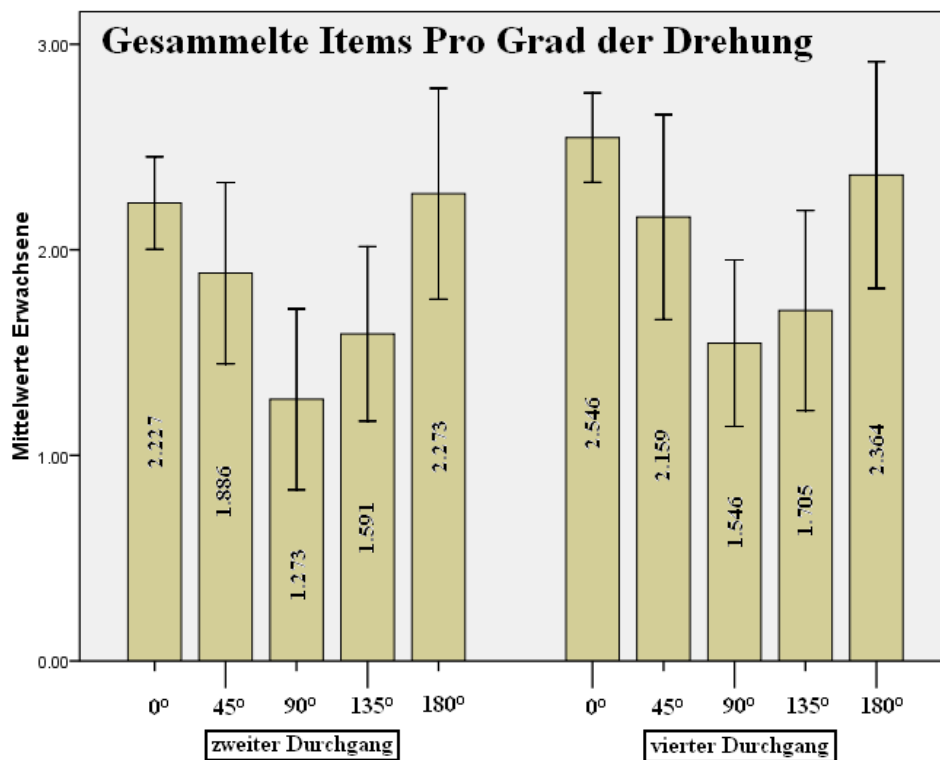


Abb. 18: Vergleich der Mittelwerte der Items, die pro Grad der Drehung beim zweiten (0° bis 180° , links) und beim vierten Mal Spielen (0° bis 180° , rechts) innerhalb der Gruppe der Erwachsenen gesammelt wurden. Die Fehlerbalken repräsentieren zwei Standardfehler der Mittelwerte.

4.4 Inferenzstatistische Ergebnisse

Hypothese 1 betraf den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Spiels und denen der Intelligenztests.

Die Ergebnisse in A Mazing Game, sind mit den Ergebnissen aus bestehenden räumlichen Tests vergleichbar, weisen also eine gute konvergente Validität auf.

Zur Prüfung dieser Hypothese wurden die summierten Rohwerte (Gesamtwerte) der Prä- und Posttest und die Gesamtwerte der Kollisionen und der Items des zweiten und des vierten Spiels miteinander korreliert. Die Ergebnisse der Erwachsenen und der Kinder wurden separat berechnet. Dazu wurden jeweils bivariate Korrelationen mit einseitigen Signifikanztests durchgeführt.

Bezüglich der Ergebnisse des Prätests der Kinder und der Anzahl gesammelter Items im zweiten Spiel zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang: $r(N = 27) = .367, p < .03$. Der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Prätests und den Items des vierten Spiels wurden sogar hochsignifikant: $r(N = 27) = .472, p < .006$. Zusammenhänge der Ergebnisse des Prätests und Kollisionen wurden weder im früheren noch im späteren Spiel signifikant; früheres Spiel: $r(N = 27) = -.265, p > .091$; späteres Spiel: $r(N = 27) = -.156, p > .219$.

Die Ergebnisse des Posttests der Kinder korrelierten sowohl mit den Items als auch den Kollisionen des zweiten Spiels hochsignifikant bei $r(N = 27) = .495, p < .004$ mit den Items und mit den Kollisionen negativ bei $r(N = 27) = -.483, p < .005$. Auch beim vierten Spiel korrelierten die Items hochsignifikant mit den Ergebnissen des Posttests bei $r(N = 27) = .537, p < .002$. Die Kollisionen des vierten Durchgangs korrelierten signifikant bei $r(N = 27) = -.402, p < .019$ (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 1).

Bei den Erwachsenen korrelierten lediglich die gesammelten Items im vierten Spiel positiv mit dem Gesamtwert des ersten IQ Tests signifikant: $r(N = 22) = .412, p < .028$. Die anderen Werte korrelierten dagegen nicht signifikant. Für die Kollisionen im zweiten Spiel ergab sich eine negative Korrelation von $r(N = 22) = -.236, p > .145$. Die Items des zweiten Spiels korrelierten nur bei $r(N = 22) = .330, p > .067$. Die Kollisionen des vierten Spiels korrelierten mit dem Gesamtergebnis des Prätests auch nur mit $r(N = 22) = -.322, p > .072$.

Mit dem Posttest korrelierte kein Leistungsmass signifikant. Der Zusammenhang der Kollisionen des früheren Spiels mit dem Posttest ergab $r(N = 22) = -.166, p > .231$. Die gesammelten Items im früheren Spiel korrelierten bei $r(N = 22) = .225, p > .157$. Der Zusammenhang mit den Kollisionen des späteren Spiels lag bei $r(N = 22) = -.255, p > .126$, mit den gesammelten Items bei $r(N = 22) = .301, p > .087$ (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 2).

Bei den Kindern korrelierte die Anzahl der gesammelten Items im Spiel signifikant bis hochsignifikant mit den Ergebnissen der IQ Tests, die Kollisionen teils nicht, teils signifikant, teils hochsignifikant. Mit zunehmender Übung gleichen sich die Ergebnisse ausserdem noch weiter an. Die Hypothese kann somit für die Kinder als bestätigt, die konvergente Validität damit als gut angesehen werden.

Bei den Erwachsenen tendierten die Werte lediglich in die erwartete richtige Richtung, wurden jedoch bis auf eine Ausnahme nicht signifikant. Die Hypothese muss daher für die Erwachsenen verworfen werden.

Tab. 1: Korrelationen von A Mazing Game mit räumlichen IQ Tests bei Kindern (N=27)

	Zweiter Durchgang		Vierter Durchgang	
	Kollisionen	Items	Kollisionen	Items
Prätest	$-.265, p > .091$	$.367, p < .03^*$	$-.156, p > .219$	$.472, p < .006^{**}$
Posttest	$-.483, p < .005^{**}$	$.495, p < .004^{**}$	$-.402, p < .019^*$	$.537, p < .002^{**}$

* Signifikante Korrelation bei einem α -Niveau von 5%

** Hochsignifikante Korrelation bei einem α -Niveau von 1%

Tab. 2: Korrelationen von A Mazing Game mit räumlichen IQ Tests bei Erwachsenen (N=22)

	Zweiter Durchgang		Vierter Durchgang	
	Kollisionen	Items	Kollisionen	Items
Prätest	-.236, $p>.145$.330, $p>.067$	-.322, $p>.072$.412, $p<.028^*$
Posttest	-.166, $p>.231$.225, $p>.157$	-.255, $p>.126$.301, $p>.087$

* Signifikante Korrelation bei einem α -Niveau von 5%

** Hochsignifikante Korrelation bei einem α -Niveau von 1%

Hypothese 2 betraf die Verbesserung im IQ Test.

Nach geringem Training zeigen sich Verbesserungen in räumlich-kognitiven Intelligenztests im Vergleich zu vorher.

Zur Analyse wurden die ausschliesslich die Gesamtwerte sowohl der Prä- als auch der Posttests der Kinder verwendet und zunächst pro Gruppe (EG; KG) mit einem Paired-Samples t-Test (t-Test für abhängige Stichproben) verglichen. Sowohl in der KG als auch in der EG zeigten sich hochsignifikante Unterschiede zwischen Prä- und Posttest; bei der KG $t(33) = -6.767, p<.000$, bei der EG $t(26) = -5.586, p<.000$. Es gab also in beiden Gruppen signifikante Verbesserungen. Es interessiert aber auch, ob die Verbesserung der EG signifikant höher war als in der KG. Dazu wurde die Differenz aus Posttest und Prätest gebildet und ein t-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Das Ergebnis wurde jedoch nicht signifikant: $t(59) = -.674, p>.503$. Die EG war auch in keinem der Untertests signifikant besser: für Untertest U7 ergab sich $t(59) = -.148, p>.883$; für U8: $t(59) = -.900, p>.372$; für U9 $t(59) = .196, p>.845$ (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 3).

Sowohl KG als auch EG verbesserten sich signifikant zwischen Prätest und Posttest. Bezüglich des Unterschieds zwischen den Gruppen zeigte sich lediglich eine Tendenz, dass sich die EG mehr verbessert hatte, wurde aber nicht signifikant. Die Hypothese wird daher verworfen.

Tab. 3: Verbesserungen zwischen Prätest und Posttest bei Kindern in der EG und KG

Verbesserung EG	Verbesserung KG	Differenz-Unterschied
$t(33) = -6.767, p < .000^{**}$	$t(26) = -5.586, p < .000^{**}$	$t(59) = -.674, p > .503$

** Hochsignifikanter Unterschied bei einem α -Niveau von 1%

Hypothese 3 bezog sich auf die Verbesserung im Spiel.

Im Spiel selbst kommt es schon nach dem geringen Training von vier Durchgängen zu starken Verbesserungen.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden die Gesamtanzahlen der Kollisionen und der gesammelten Items zwischen den beiden gespielten Durchgängen mit einem t-Test für abhängige Stichproben miteinander verglichen. Hier werden zusätzlich die Daten der Erwachsenen verwendet.

Die Kollisionen der Kinder im früheren Spiel waren hochsignifikant weniger als im späteren Spiel: $t(26) = 5.337, p < .000$. Die im späteren Spiel gesammelten Items unterschieden sich ebenfalls hochsignifikant zum früheren Spiel: $t(26) = -4.498, p < .000$. Es wurden also hochsignifikant mehr Items gesammelt.

Die Erwachsenen hatten ebenfalls hochsignifikant weniger Kollisionen im vierten Spiel als im zweiten: $t(21) = 8.513, p < .000$. Die Items unterschieden sich auch signifikant bei $t(21) = -3.203, p < .004$. Auch unter Berücksichtigung der α -Fehler-Kumulierung bei t-Tests war der Unterschied noch hochsignifikant bei halbiertem α -Niveau (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 4).

Die beiden Leistungsparameter des Spiels, Kollisionen und Items, unterschieden sich in beiden Stichproben hochsignifikant in erwarteter Richtung. Die Vpn beider Altersgruppen verbesserten sich also deutlich innerhalb des Spiels. Die Hypothese ist damit bestätigt.

Tab. 4: Verbesserungen innerhalb des Spiels vom zweiten Durchgang zum vierten.

	Kinder (df=26)	Erwachsene (df=21)
Kollisionen	$t = 5.337, p < .000^{**}$	$t = 8.513, p < .000^{**}$
Items	$t = -4.498, p < .000^{**}$	$t = -3.203, p < .004^{**}$

** Hochsignifikanter Unterschied bei einem α -Niveau von 1%

Hypothese 4 betraf die Vergleichbarkeit der Messungen.

Trotz Verbesserung im Spiel zeigen die Ergebnisse eine gute Retestrelabilität.

Für die Analyse wurden die Leistungsmasse des zweiten Spiels mit denen des vierten der Kinder und der Erwachsenen mit bivariaten Korrelationen verglichen.

Bei den Kindern korrelierten sowohl die Kollisionen als auch die Items hochsignifikant positiv zwischen zweitem und viertem Spiel; bezüglich der Kollisionen ergab sich eine positive Korrelation von $r(N = 27) = .722, p < .000$; und bezüglich der Items: $r(N = 27) = .799, p < .000$.

Auch bei den Erwachsenen wurden die Korrelationen hochsignifikant bei $r(N = 22) = .912, p < .000$ bezüglich der Kollisionen und $r(N = 22) = .927, p < .000$ bei den Items (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 5).

Tab. 5: Retestrelabilität; Korrelation zwischen dem zweiten und dem vierten Durchgang.

	Kinder (N=27)	Erwachsene (N=22)
Kollisionen	$.722, p < .000^{**}$	$.912, p < .000^{**}$
Items	$.799, p < .000^{**}$	$.927, p < .000^{**}$

** Hochsignifikante Korrelation bei einem α -Niveau von 1%

Das Spiel mass demnach trotz Trainingseffekt zwischen früherem und späterem Spiel reliabel die Leistung der Vpn. Die Hypothese ist damit bestätigt.

Ad Hoc Hypothese

Wie bei den deskriptiven Ergebnissen beobachtet, war die 90° Perspektive mit Abstand die schwerste. Dieses Ergebnis widerspricht allen bisherigen Berichten z.B. von Shepard und Metzler (1971; zitiert nach Wiedenbauer, 2006), Wickens et al. (2005) und May et al. (1995), die grundsätzlich davon ausgehen, dass die Schwierigkeit von Rotationsaufgaben mit steigendem Grad der Drehung bis 180° zunimmt. Dass 180° Grad eine spezielle Rolle zufällt, ist auch sicher hinreichend diskutiert. Dass dabei jedoch 90° schwieriger zu bearbeiten sind als 135°, ist neu. Das mag daran liegen, dass das rechtwinklig gedrehte Szenario im Spiel sehr der 0° Perspektive ähnelt und den Spieler dadurch verwirrt oder dass die „links ist rechts und rechts ist links“ Strategie, die Wickens et al. beschreiben, auch schon auf 135° anwendbar ist. In jedem Fall widerspricht es der Theorie der kontinuierlich zunehmenden Schwierigkeit bei steigendem Grad der Drehung und würde sie einschränken, falls das Ergebnis signifikant ausfällt. Die Ad-hoc-Hypothese lautet also:

Die 90° Perspektive im Spiel ist schwieriger als die 135° Perspektive.

Das beschriebene Phänomen zeigte sich besonders bei den Kollisionen. Es werden daher jeweils die Kollisionen der 90° Perspektive mit denen der 135° Perspektive verglichen, weil dies der strengsten Prüfung entspricht. Es wird sowohl ein Vergleich für die Gruppe der Kinder als auch der Erwachsenen beim zweiten und beim vierten Spiel durchgeführt. Dazu wird ein t-Test für abhängige Stichproben verwendet.

Der Vergleich beider Perspektiven zeigt bei den Erwachsenen hochsignifikante Unterschiede sowohl im zweiten als auch im vierten Spiel: $t(21) = 3.252$, $p < .004$ im zweiten Spiel, $t(21) = 3.285$, $p < .004$ im vierten Spiel. Diese Ergebnisse halten auch bei kumuliertem α -Fehler dem strengen Signifikanzniveau von 0,5% stand.

Die beiden Perspektiven unterscheiden sich auch hochsignifikant bei beiden Spielen der Kinder: $t(26) = 4.565, p < .000$ im zweiten Spiel, $t(26) = 3.592, p < .000$ im vierten Spiel (Zur Übersicht der Ergebnisse s. Tab. 6).

Damit kann die Hypothese als bestätigt angesehen werden.

Tab. 6: Unterschied zwischen 90° und 135° Perspektive in beiden Durchgängen.

	Kinder (df=26)	Erwachsene (df=21)
Zweiter Durchgang	$t = 4.565, p < .000^{**}$	$t = 3.252, p < .004^{**}$
Vierter Durchgang	$t = 3.592, p < .000^{**}$	$t = 3.285, p < .004^{**}$

** Hochsignifikanter Unterschied bei einem α -Niveau von 1%

5 Diskussion und Ausblick

Diese Arbeit hat eine neue Einsicht in die Erforschung der räumlich-kognitiven Fähigkeiten ermöglicht. Es wurde nicht nur das Verständnis dieser Fähigkeiten durch die mentale Perspektivenrotation erweitert, sondern auch ein neues dynamisches Messinstrument vorgestellt. Das Instrument, A Mazing Game, machte in den Testreihen besonders den Kindern nicht nur mehr Spass als das Bearbeiten der IQ Tests (wie sie berichteten), es produzierte ausserdem beim Spielen viel differenziertere Daten und konnte gut zwischen besseren und schlechteren Vpn unterscheiden.

Mentale Perspektivenrotation

In der Arbeit wurde die neue Überlegung diskutiert, mentale Rotation und die Perspektivenübernahme zu kombinieren und um den dynamischen Aspekt zur mentalen Perspektivenrotation zu erweitern. Da bislang kein vergleichbares Messinstrument existiert,

das diese Fähigkeit ähnlich misst, lassen sich keine Aussagen darüber treffen, ob sich dieses Konstrukt halten lässt. Aufgrund der Ergebnisse des Spiels kann lediglich diskutiert werden, dass die MPR damit zuverlässig gemessen wird. Ob das Konstrukt breitere Zustimmung findet, hat die Fachwelt zu bewerten.

Vergleich von A Mazing Game mit den IQ Tests

Bei der wissenschaftlichen Erprobung von A Mazing Game zeigten sich signifikante bis hochsignifikante Korrelationen bei den Kindern zwischen IQ Tests und den Daten des Spiels. Bei den Erwachsenen konnte dies nicht festgestellt werden. Das mag daran liegen, dass der Test der Erwachsenen aus anderen Subtests besteht und sich daher grundlegend von denen des LPS (Horn, 1983) für Kinder bzw. zu sehr von A Mazing Game unterscheidet. Prinzipiell unterscheiden sich auch die Untertests des LPS stark von A Mazing Game, jedoch scheinen sie beide relativ ähnlich zu messen. Die mentale Perspektivenrotation, die bei A Mazing Game gemessen wird, weist nach der Messung zumindest einen Teil gemeinsame Varianz mit den gesamt gemessenen RKF des LPS auf. Dass die stärkste Korrelation dabei nur bei $r = .537$ liegt, ist durch die neue Art der Messmethode und das spezifische unterliegende Konzept der mentalen Perspektivenrotation zu erklären. Um präzisere Aussagen treffen zu können und um zu klären, ob es sich bei den Ergebnissen nur um ein Stichprobenphänomen handelt, ist sicher weitere Forschung nötig.

Verbesserung in den IQ Tests

Im Vergleich der Prä- und Posttests zeigten sich sowohl in der Experimental- als auch in der Kontrollgruppe auch signifikante Verbesserungen. Der direkte Vergleich zeigte, dass sich die EG zwar gegenüber der KG stärker verbessert hatte, jedoch wurde der Unterschied nicht signifikant. Das könnte evtl. an dem geringen Training von nur vier Spieldurchgängen liegen. Sims & Mayer (2002) sowie andere Forscher diskutieren, dass eine Fähigkeit nur mit gleichem trainiert werden kann. In dieser Studie zeichnete sich immerhin eine Tendenz der Verbesserung durch das Spiel ab, was bereits darauf hinweisen könnte, dass eine Fähigkeit

auch durch verwandte Tätigkeiten trainierbar ist. Es wäre interessant, in einer grösseren Studie über längere Zeit die Effekte zu messen.

Retestreliaibilität und Verbesserung im Spiel

Weitere Ergebnisse zeigen, dass A Mazing Game eine hochsignifikante sehr gute Retestreliaibilität aufweist (s. Tab. 5) während sich gleichzeitig signifikante Verbesserungen zeigen. Diese Verbesserungen zeichnen sich ausserdem gleichmässig in allen Perspektiven ab. Sowohl bei den Erwachsenen, als auch bei den Kindern waren diese Ergebnisse zu finden. Interessant ist auch, dass sich die Leistungen (siehe z.B. Abb. 12 und Abb. 16) beider Gruppen stark ähneln. Auch wenn direkte statistische Vergleiche nicht ohne Weiteres möglich sind, sind die Ähnlichkeiten offensichtlich und legen nahe, dass das Spiel auch bei verschiedenen Leistungsniveaus zuverlässig messen kann.

Diskontinuierliche Steigerung der Schwierigkeit

Eine zusätzliche Beobachtung im Spiel war die signifikant schlechteste Leistung bei 90° in allen bei beiden Gruppen und beiden Durchgängen. Dieses Ergebnis widerspricht den bisherigen Theorien, wonach die 135° Perspektive schwerer zu bearbeiten sein müsste. Wie bereits erwähnt lässt sich dieser Effekt evtl. durch die visuelle Ähnlichkeit mit der 0° Perspektive erklären, die sich bei rechtwinkliger Drehung optisch nicht merklich unterscheidet. Auch hier ist eine genauere Abklärung der Gründe nötig. Insgesamt muss jedoch die Gültigkeit der Theorie stetig sinkender Leistung bei zunehmender Drehung eingeschränkt werden.

Was A Mazing Game leisten kann

A Mazing Game wurde entwickelt, um mentale Perspektivenrotation zu messen und RKF zu verbessern. Die Experimente zeigen, dass das Spiel ein gutes und reliables Instrument zur Messung ist; für die MPR und die RKF. Es zeigten sich ausserdem starke Verbesserungen

zwischen dem zweiten und dem vierten Durchgang. Solche Lerneffekte, die in keinem Leistungstest auszuschliessen sind, sind für Tests normalerweise schlecht, da diese so schnell an ihre Grenzen nach oben gelangen (Deckeneffekt). Bei A Mazing Game kann das dagegen als Vorteil angesehen werden. Das Spiel hat verschiedene Schwierigkeitsstufen, wodurch sich die obere Grenze nur schwer erreichen lässt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die generelle Steigerungsfähigkeit einer Person nach mehrmaligem Spielen zu erfassen. Man könnte demnach erfassen, ob eine Person sich stärker oder schwächer steigern kann. Der Grad der Verbesserung könnte als ein zusätzliches Mass in der Leistungsdiagnostik, z.B. bei der Erfassung von Intelligenz, genutzt werden. Aufgrund der in dieser Studie gewonnenen Daten wäre es in einem nächsten Schritt möglich zu prüfen, ob Personen, die gut in IQ Tests abschneiden sich auch stärker verbessern können als die mit schlechteren Werten. A Mazing Game ist mit der Möglichkeit Steigerungsfähigkeit zu messen fortschrittlich in der Entwicklung moderner Tests.

Insgesamt hat sich A Mazing Game sowohl als Mess- als auch als Trainingsinstrument für die mentale Perspektivenrotation und die räumlich-kognitiven Fähigkeiten generell gut bewährt und zeigt, dass die statische Multiple-Choice Messung zunehmend Konkurrenz aus der Welt der Computerspiele bekommen könnte. Und nicht nur die exakte Messung macht A Mazing Game zu einem interessanten psychologischen Mittel, sondern auch sein Potenzial für das Training räumlicher Fähigkeiten. Gemäss Klauer (2001; zitiert nach Wiedenbauer, 2006) ist es schwer, ein geeignetes Training für Kinder zu entwickeln, weil Kinder leicht über- oder unterfordert sein können. Auch dies ist mit A Mazing Game durch die verschiedenen Schwierigkeitsstufen und die Tatsache, dass es ein Spiel ist, gelungen.

Mit A Mazing Game ist der konzeptuelle Sprung weg von Papier und Bleistift Tests hin zu einer dynamischen Messung räumlich kognitiver Fähigkeiten geglückt. Natürlich ist das Spiel und sind noch alle Computerspiele und Computersimulationen weit von der Wirklichkeit entfernt, bieten aber schon eine bessere Realitätsnähe als Bilder auf dem Papier. Auch A Mazing Game ist noch weit von der Messung tatsächlicher räumlicher Fähigkeiten, die in der Realität wichtig sind, entfernt, jedoch könnte es als ein neues Instrument in der Leistungsdiagnostik eingesetzt werden. A Mazing Game ist dynamisch, dreidimensional, man kann es nicht so leicht auswendig lernen wie andere Tests, es vermag präzise zu messen

und ist kindergerechter als die gängigen statischen Verfahren. Das alles sind Gründe, die für den Einsatz dieses Spiels in der Leistungsdiagnostik sprechen. Dazu wird in Zukunft eine umfangreiche Normierung nötig sein.

Fazit

Diese Arbeit wirft viele neue Fragen auf und stellt bisherige Ansätze auf die Probe. Sie zeigt, dass das Forschungsgebiet der räumlich-kognitiven Fähigkeiten durchaus noch Potenzial nach oben hat. Die mentale Perspektivenrotation ist dabei sicher ein Beitrag in diese Richtung. Die Arbeit zeigt auch, dass einfache Messung nicht statisch sein muss, sondern dynamisch gestaltet einige Vorteile bietet. Sie zeigt mir zudem, dass mein Experiment mit A Mazing Game und seine Entwicklung ein Erfolg war und noch viel Potenzial birgt; denn nicht nur Kollisionen und Items werden im Spiel erfasst, sondern alle Aktionen z.B. auch die zurückgelegten Wege, womit sich Fähigkeiten wie Orientierung messen lassen, Tastenbenutzung, Fehlerarten, die Verwendung der Karte etc. Auch sind bisher Geschlechtervergleiche noch nicht ausgewertet worden. Damit lassen sich in Zukunft noch viele Dinge auch qualitativ auswerten. A Mazing Game ist ein zuverlässiges Messinstrument und Spiel, das längst nicht am Ende seiner Möglichkeiten angelangt ist. Zweifellos ein *Amazing Game*.

6 Danksagungen

Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. Rosita Haddad-Zubel, die mir bereits ein ganzes Jahr vor dieser Arbeit überhaupt erst die Idee, die Möglichkeit und alle Unterstützung gegeben hat, mein Spiel zu entwickeln, zu testen und diese Arbeit zu schreiben. Ausserdem möchte ich mich für ihre tatkräftige Unterstützung durch die Organisation und Koordination der Versuchsgruppen bedanken.

Weiterer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Klaus-Dieter Hänsgen, der mir sein System für die Durchführung und Auswertung der Intelligenztests für meine Studie zur Verfügung stellte.

Auch Michael Luggen sei herzlich für die Organisation der Programmierung des Spiels und seine Fertigstellung sowie für die gute Beratung gedankt. Brigitte Hulliger, Dominic Stalder und André Wittwer danke ich auch für die Erstellung der ersten Version des Spiels, die durch ihre intelligente Umsetzung alle Erwartungen übertraf.

Am Ende möchte ich noch allen danken, die mir bei der Fertigstellung meiner Arbeit geholfen haben: Stephan „Jöl“ Wiederkehr für die technische Unterstützung und seine Hilfe als zusätzlicher Versuchsleiter. Justine Perriard, Thomas Holdener, Laura Ihrig, Dominic Vogt, Joschko Griewatz, Tamara Ackermann und Frau Dr. Rosita Haddad-Zubel danke ich ebenfalls für die Hilfe bei der Aufsicht. Thomas Holdener, Enno Manske, Antje Zimmermann, Lennart Weber, Dominic Vogt, Silvia Kittsteiner, Martina Bock und Lena Milch sei zuletzt noch für ihre hilfreichen Kommentare und ihre Unterstützung gedankt.

7 Literaturverzeichnis

- Anuar, K. & Ismail, A. (2004). The improvement of mental rotation through computer-based multimedia tutor. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, 1 (2), 24-34.
Verfügbar unter: <http://ppppj.usm.my/mojit/articles/V1N2-final/MOJIT-Khairul.htm>
[11.11.2008].
- Aretz, A. J. & Wickens, C. D. (1992). The Mental Rotation of Map Displays. *Human Performance*, 5, 303-328.
- Barenie, M. (2005). *Video Games in Education and Beyond* [on-line]. Verfügbar unter:
www.digitalparlor.org/fa05/blackmon5/joe.english.purdue.edu/fa05/blackmon5/files/304C/Final%20paper-2.doc [13.11.2008].
- Bertoline, G. R. (1998). Visual Science: An Emerging Discipline. *Journal for Geometry and Graphics*, 2, 181-187.
- Bryant, D. J. & Tversky, B. (1999). Mental representations of spatial relations from diagrams and models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25, 137-156.
- Dalgarno, B., Hedberg, J. & Harper, B. (2002). The Contribution of 3D Environments to Conceptual Understanding. In A. Williamson, C. Gunn, A. Young & T. Clear (Eds.), *Winds of change in the sea of learning: Charting the course of digital education, proceedings of the 19th annual conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education* (pp. 149-158). Auckland, NZ: UNITEC Institute of Technology.
- De Lisi, R. & Cammarano, D. M. (1996). Computer experience and gender differences in undergraduate mental rotation performance. *Computers in Human Behavior*, 12, 351-361.
- van Eimeren, B. & Frees, B. (2008). Internetverbreitung: Größter Zuwachs bei Silver-Surfern. *Media Perspektiven*, 7, 330-344.

- van Egmond-Fröhlich, A., Mößle, T., Ahrens-Eipper, S., Schmid-Ott, G., Hüllinghorst, R. & Warschburger, P. (2007). Übermäßiger Medienkonsum von Kindern und Jugendlichen: Risiken für Psyche und Körper. *Deutsches Ärzteblatt*, 104, 2560-2564.
- Gameloft (2007). *Brain Challenge*. Published and distributed by Ubisoft. Montreuil Sous Bois: Ubisoft Entertainment.
- Gentile, D. A., Lynch, P. J., Linder, J. R. & Walsh, D. A. (2004). The effects of violent videogame habits on adolescent hostility, aggressive behaviors, and school performance. *Journal of Adolescence*, 27, 5-22.
- Haddad, R., Pinkas, D. & Pécaut, S. (2005). Mission Cognition. Genève, Association Jean Piaget, recherche et Médiatisation; Haute Ecole d'arts appliqués HES de Genève (HEAA).
- Haddad-Zubel, R., Gobet, F., Plancherel, B. & Schweitzer, J. (2008). *Combinatorial thinking in a computer game: A novel approach to analyse children's performance*. Manuscript submitted for publication.
- Häcker, H. O. & Stapf, K.-H. (2004). Dezentrierung. In H.O. Häcker & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch. Psychologisches Wörterbuch* (S. 198) (14., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Hänsgen, K.-D., Zumbrunn, R. & Frossard, J. (2007). *Hogrefe Testsystem (HTS). Version 4.0.2*. Fribourg/Göttingen: Hogrefe.
- Hegarty, M. & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 121- 169). Cambridge: University Press.
- Horn, W. (1983). *Leistungsprüfsystem (LPS). Handanweisung* (2., erweiterte und verbesserte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Horn, W., Neubearbeitung von Lukesch, H., Kormann, A. & Mayrhofer, S. (2002). *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung für 4. bis 6. Klassen - revidierte Fassung (PSB-R 4-6)*. Göttingen: Hogrefe.

Huttenlocher, J. & Presson, C. C. (1973). Mental Rotation and the Perspective Problem.

Cognitive Psychology, 4, 277-299.

Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(19), 6829-6833.

Jansen-Osmann, P. & Berendt, B. (2005). What makes a route appear longer? An experimental perspective on features, route segmentation, and distance knowledge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 58A, 1390-1414.

Kail, R., Pellegrino, J. & Carter, P. (1980). Developmental changes in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 102-116.

Karmiloff-Smith, A. (2008). *Mission Cognition: How do Video games develop children's higher-level strategies?* To be submitted to *Cognitive Science*.

Klimmt, C. (2008). Die Nutzung von Computerspielen. Interdisziplinäre Perspektiven. In T. Quandt, J. Wimmer & J. Wolling (Hrsg.), *Die Computerspieler. Studien zur Nutzung von Computergames* (S. 57-72). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kozhevnikov, M. & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29, 745-56.

Kyllonen, P. C, Lohman, D. F. & Snow, R. E. (1984). Effects of Aptitudes, Strategy Training, and Task Facets on Spatial Task Performance. *Journal of Educational Psychology*, 76, 130-145.

Levine, M. (1982). You-Are-Here Maps: Psychological Considerations. *Environment and Behavior*, 14, 221-237.

Levine, M., Marchon, I. & Hanley, G. (1984). The Placement and Misplacement of You-Are-Here Maps. *Environment and Behavior*, 16, 139-157.

Liepmann, D., Beauducel, A., Brocke, B. & Amthauer, R. (2007). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R (I-S-T 2000 R). Manual (2. erweiterte und überarbeitete Aufl.)*. Göttingen: Hogrefe.

- Linn, M.C. & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Manske, P. & Haddad-Zubel, R. (2009). A Mazing Game. KittGeneration Lt; Berner Fachhochschule – Technik und Informatik (BFH-TI).
- May, M., Péruch, P. & Savoyant, A. (1995). Navigating in a Virtual Environment with Map-Acquired Knowledge: Encoding and Alignment Effects. *Ecological Psychology*, 7, 21-36.
- McClurg, P. A. & Chaillé, C. (1987). Computer games: Environments for developing spatial cognition? *Journal of Educational Computing Research*, 3, 95-111.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (Hrsg.). (2006). *KIM-Studie 2006. Kinder und Medien, Computer und Internet. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland* [on-line]. Verfügbar unter: <http://mpfs.de/fileadmin/KIM-pdf06/KIM2006.pdf> [18.11.2008].
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (Hrsg.). (2007). *JIM 2007. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland* [on-line]. Verfügbar unter: <http://mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf07/JIM-Studie2007.pdf> [18.11.2008].
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (Hrsg.). (2008). *JIM 2008. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland* [on-line]. Verfügbar unter: http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf08/JIM-Studie_2008.pdf [10.12.2008].
- Montello, D. R. (2005). Navigation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of visuospatial thinking* (pp. 257-294). New York: Cambridge University Press.
- Newcombe, N. S. & Learmonth, A. E. (2005). Development of Spatial Competence. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of visuospatial thinking* (pp. 213-256). New York: Cambridge University Press.
- Nintendo (2005). *Big Brain Academy*. Großostheim: Nintendo of Europe GmbH.
- Nintendo (2005). *Dr. Kawashimas Gehirn-Jogging*. Großostheim: Nintendo of Europe GmbH.

- Okagaki, L. & Frensch, P. A. (1994). Effects of video game playing on measures of spatial performance: Gender effects in late adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology, 15*, 33-58.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses universitaires de France.
- Rigal, R. (1996). Right-left orientation, mental rotation, and perspective-taking: when can children imagine what people see from their own viewpoint? *Perceptual and Motor Skills, 83*, 831-842.
- Shepard, R. N. & Hurwitz, S. (1984). Upward direction, mental rotation, and discrimination of left and right turns in maps. *Cognition, 18*, 161-193.
- Silbereisen, R. K. & Ahnert, L. (2002). Soziale Kognition. Entwicklung von Sozialem Wissen und Verstehen . In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 590-618) (5. Aufl.). Berlin: Beltz Verlage.
- Sims, V. K. & Mayer, R. E. (2002). Domain specificity of spatial expertise: The case of video game players. *Applied Cognitive Psychology, 16*, 97-115.
- Souvignier, E. (1999). Die Verbesserung räumlicher Fähigkeiten durch computerunterstützte Fördermaßnahmen: Zwei Evaluationsstudien. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 13*, 4-16.
- Spiers, H. J. & Maguire, E. A. (2008). The dynamic nature of cognition during wayfinding. *Journal of Environmental Psychology, 28*, 232-249.
- Subrahmanyam, K. & Greenfield, P. M. (1994). Effect of video game practice on spatial skills in girls and boys. Special Issue: Effects of interactive entertainment technologies on development. *Journal of Applied Developmental Psychology, 15*, 13-32.
- Subrahmanyam, K., Greenfield, P., Kraut, R. & Gross, E. (2001). The impact of computer use on children's and adolescents' development. *Journal of Applied Developmental Psychology, 22*, 7-30.

- Tversky, B. (2005). Functional Significance of Visuospatial Representations. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of visuospatial thinking* (pp. 1-34). New York: Cambridge University Press.
- Warren, D. H., Rossano, M. J. & Wear, T. D. (1990). Perception of Map-Environment Correspondence: The Roles of Features and Alignment. *Ecological Psychology*, 2, 131-150.
- Wickens, C. D., Vincow, M. & Yeh, M. (2005). Design applications of visual spatial thinking. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of visuospatial thinking* (pp. 383-425). New York: Cambridge University Press.
- Wiedenbauer, G. (2006). *Manuelles Training mentaler Rotation*. Inaugural-Dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.
- Wilkening, F (2004). Perspektivenübernahme. In H.O. Häcker & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch. Psychologisches Wörterbuch* (S. 702) (14., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Wolling, J. (2008). Entwicklungstrends in der Computerspielnutzung bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen. In T. Quandt, J. Wimmer & J. Wolling (Hrsg.), *Die Computerspieler. Studien zur Nutzung von Computergames* (S. 73-93). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wünsch, C. & Jenderek, B. (2008). Computerspielen als Unterhaltung. In T. Quandt, J. Wimmer & J. Wolling (Hrsg.), *Die Computerspieler. Studien zur Nutzung von Computergames* (S. 41-56). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.